Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Tektonische Fragen im Karbon der Karnischen Alpen

Von

Franz Heritsch (Graz)

(Mit 6 Textfiguren)

Vorgelegt in der Sitzung am 26. April 1928

Die Karnischen Alpen sind wie ein unerschöpflicher Born, dem in reicher Fülle die geologischen Erkenntnisse und Belehrungen entspringen. Dieses wunderbare und von so vielen Forschern durchwanderte Hochgebirge zeigt immer wieder Neues und selbst vor Überraschungen größeren Stiles ist man nicht sicher, wie die vor kurzem erschienene Arbeit von H. R. von Gaertner gezeigt hat. Erst vor kurzem hat einer der beiden um die Geologie der Karnischen Alpen so hochverdienten Italiener, Michele Gortani, sich wieder über die so oft diskutierte Frage des Profiles des Seekopfes geäußert.

Ein interessanter Versuch, die Karnische Tektonik zu lösen, ist im vorigen Jahre von Küpper gemacht worden, worauf ich später noch zurückkomme. Derzeit ist es etwas leichter, über die östlichen Teile des Karnischen Gebirges einen Überblick zu bekommen, weil die allerdings im Detail nicht wesentlich über Geyer's Aufnahme (Blatt Oberdrauburg—Mauthen) hinausgehende geologische Karte der Italiener — Blatt Pontebba 1 100.000 — erschienen ist und weil Gortani's Karte des Einzugsgebietes des But, Chiarsò und der Vinadia (1 50.000) einen trefflichen Einblick in den Bau der italienischen Teile der Karnischen Alpen gibt.

Meine eigenen, jetzt in größerem Betrieb stehenden Studien in den Karnischen Alpen haben zwar derzeit ihr Hauptgewicht im Silur, aber die stratigraphischen Fragen sind nicht zu lösen ohne die eingehende Berücksichtigung der jungpaläozoischen Ablagerungen. Die Fachgenossen mögen diese Studie, die eigentlich ein Außenseiter ist, weil sie von dem Zentrum Nötsch, von den Unterkarbonschichten ausgeht, als einen kleinen Beitrag zur Kenntnis des Karnischen Karbons und als eine Stellungnahme zu einzelnen brennenden Fragen der Karnischen Tektonik ansehen. Ich habe in sehr reichlichem Maße die italienische Literatur in die Erörterung verflochten — ich möchte feststellen, daß zu meinem Bedauern manche über die Karnischen Alpen schreibende Autoren die ausgezeichneten Arbeiten von Gortani und Vinassa de Regny nicht zu kennen scheinen.

Meine Studien im Karnischen Karbon wurden mir durch eine Subvention von seiten der Wiener Akademie der Wissenschaften erleichtert, wofür ich auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank auszusprechen mir erlaube.

I.

Ich gehe von der Fauna der Coraschichten aus, die ich vor kurzem in den Sitzungsberichten der Akademie beschrieben habe. Die Versteinerungen der Coraschichten sind in jenem Gesteinskomplex enthalten, den Küpper (N. Jb. M., G., P., BB., *57*, 1927) als »Mauthener Schiefer« bezeichnet hat. Darunter versteht er jenen von Geyer als Silur aufgefaßten Schieferkomplex, der durch seine Armut an Glimmer oder durch das Fehlen desselben ausgezeichnet ist und daher sedimentologisch in einem beträchtlichen Gegensatz zu den Auernigschichten steht.

Der Name »Mauthener Schiefer« scheint mir sehr unglücklich gewählt zu sein, da eine Verwechslung mit Frech's Mauthener Schichten allzu leicht möglich ist. Die Mauthener Schiefer sind nach der Auffassung von Küpper eine komplexe Serie — bei genauerem Hinzusehen erkennt man, was für ein verwirrter Begriff diese Mauthener Schiefer sind, ein Begriff, der das, was die italienischen und österreichischen Forscher im Schweiß ihres Angesichtes zu trennen und auseinander zu halten sich bemüht haben, wieder in einem Topf zusammenwirft. Nach Küpper (l. c. p. 51) sind es dünnspaltige Dachschiefer mit einem Wechsel von hellen und dunklen Lagen (Ederwirt an der Plöckenstraße, Bodenseen, dort fossilführend — auf p. 67 bei Küpper allerdings wieder als Auernigsccichten bezeichnet!) Graptolithenschiefer, Graphitschiefer (meist einen Bewegungshorizont darstellend; auf p. 46 werden dieselben Graphitschiefer als Basis der Auernigschichten bezeichnet!), Schiefer schlechtweg als der verbreitetste Typus, Grauwacken mit allen Übergängen von Sandstein zu groben Breccien (meist nur Kieselschieferbreccien).

Die »Mauthener Schiefer« umfassen also nach Küpper auch Silur, und zwar die Graptolithenschiefer und die von mir von einer einzigen Stelle bekannt gemachten Trilobitenschiefer (die allerdings an einer anderen Stelle im Verband der schwarzen Obersilurkalke auftreten!). Im Karbon will Küpper Kulm und Oberkarbon erkennen, auf die Kulmfrage komme ich noch zurück.

Die von mir beschriebene Fauna der Coraschichten stammt aus einem typischen Komplex von »Mauthener Schiefern«, den Gortani allerdings in dem Blatt Pontebba der Carta geologica della tre Venezie als normales Oberkarbon auffaßt (= Naßfeldfazies).

Um nun einerseits dem mir unglücklich erscheinenden Ausdruck »Mauthener Schiefer« zu entgehen, der auch deswegen unangebracht ist, weil es sich durchaus nicht nur um Schiefer handelt,

um aber anderseits die lästigen langen Umschreibungen der faziellen Begriffe zu vermeiden, schlage ich vor, als

Hochwipfelfazies

jenen oberkarbonischen Komplex der Karnischen Alpen zu bezeichnen, der in Küpper's karbonischem Anteil der »Mauthener Schiefer« steckt, ferner als

Naßfeldfazies

jenen Teil des karnischen Oberkarbons zu nennen, der die Fazies der berühmten Profile des Auernig, der Krone usw. umfaßt.

Die Ausdrücke Hochwipfelfazies und Naßfeldfazies decken sich mit den Bezeichnungen Gortani's: steriles und versteinerungsreiches Karbon (Atti Soc. Tosc. Sc. nat. *34*, 1921, p. 20).

Zur Hochwipfelfazies sind die Schiefer der Mulde des Angertales usw. zu stellen. Dort treten die ersten Eruptiva auf. Auf der Südseite der Hauptkette haben die Gesteine der Hochwipfelfazies eine große Verbreitung und sind dort reichlich mit Eruptivgesteinen verknüpft, so daß also eine langsame Faziesänderung in der Hochwipfelfazies eintritt.

Es erübrigt sich wohl, hier die beiden Fazies zu charakterisieren — umsomehr als sie des öfteren in der Literatur ausgiebig erörtert worden sind, und weil einige Details weiter unten gebracht werden.

Nur zu dem Namen Naßfeldfazies sei noch bemerkt, daß ich diese Beziehung aufstelle; obwohl mir natürlich bekannt ist, daß in der italienischen Literatur gelegentlich der Name Pontebbaner Fazies gebraucht wird. Aber diese Bezeichnung erscheint mir wegen der doch beträchtlichen Entfernung Pontebbas von den berühmten Profilen des Naßfeldes nicht gut verwendbar zu sein.

In den typischen Profilen sind die beiden Fazies beträchtlich voneinader verschieden. Vielfach aber gibt es doch Schwierigkeiten in der Trennung der beiden Fazies, denn es treten Andeutungen der Hochwipfelfazies im Gebiet der Naßfeldfazies auf.

Sind die beiden Fazies im Streichen oder durch Übergänge miteinander verbunden? Sicher ist das nicht der Fall im Gebiet der Straninger Alm, denn am Hochwipfel sind, wie ich später zeigen werde, Graptolithenschiefer dazwischen.

Schwieriger liegt die Sache am Rücken, der von der Rudniker Alm über den Tomritsch nach Tröppelach führt. Dieses Gebiet müßte meines Erachtens in großem Maßstab neu aufgenommen werden. Auch die Karte Gortani's bringt da gegenüber der Darstellung Geyer's nichts wesentlich Neues.

Schwierig ist die Sache in dem Profil längs der Naßfeldstraße oberhalb des Fundpunktes der Coraschichten. Ich glaube, daß hier die Lösung nur mit der Annahme einer Schuppen struktur zu machen ist.

Ich möchte hier als eine Art Ergebnis der späteren Erörterung vorausstellen, daß die beiden Fazies im großen ganzen räumlich trennbar sind, daß es aber Stellen gibt, welche eine Verbindung aufzeigen.

II.

Mit dem Profil des engen Nölblinggrabens haben sich, wenn ich von den kurzen und unvollständigen Angaben Frech's (Karnische Alpen, p. 69) absehe, Geyer, Gortani und Küpper beschäftigt, nachdem Stur (Jb. R.A. 1856) einen allerdings recht einfachen Schnitt durch die Zollner Höhe gemacht hatte. Zuerst möge Gortani's Äußerung — obwohl zeitlich nach der von Geyer stehend angeführt werden.

Nachdem Geyer in den schwarzen Kieselschiefern des Grabens Graptolithen gefunden hatte, hat Gortani (Pal. ital. *24*, 1920) eine Darstellung unter wesentlicher Vermehrung der Graptolithenfundpunkte und mit Beschreibung der Faunen gegeben. Es sind vier Graptolithenfaunen vorhanden: Fundstätte Nölbling I mit Graptolithen des mittleren Llandovery, gleich nachdem man den kleinen Bacheinschnitt überschritten hat, der genau östlich von der Zollner Höhe herabsteigt; die Graptolithen liegen zwischen Netzkalken, welche gegen die Nölblinger Alpe hinziehen. Die Fundstätte Nöbling II, bei einem großen Gießbach, der ostsüdöstlich von der Zollner Höhe entspringt. Hier hat man eine zwischen Netzkalken eingeschlossene Zone, die sich wie der Kern einer aufgerichteten, O—W streichenden, sehr zusammengedrückten Falte erhebt. In dieser Zone hat man am linken Ufer des Wildbaches drei Niveaus von Graptolithenschiefern: stratigraphisch unten liegend, im tiefsten Teile des Einschnittes zur Linken des Wildbaches graphitisch-kieselige Schiefer mit Graptolithen des oberen Llandovery. Dann pyritisierte, kalkig-graphitische, leicht zerbröckelnde Schiefer mit Graptolithen des unteren Wenlock. Beiläufig am Kontakt mit den hangenden Kalken eine dritte Fundstätte, mit Graptolithen des unteren Ludlow.

Ich gebe im folgenden die Beobachtungen von Geyer. Küpper und mir über die Schichtfolge im unteren Teile des Nölblinggrabens. Die zur Beschreibung kommende Folge ist auf dem einzigen, durch den unteren Nölblinggraben führenden Holzabfuhrwege zu sehen.

Die ausgezeichneten Beobachtungen von Geyer lassen sich mit Leichtigkeit in meine Befunde einreihen; dagegen ist das fast unmöglich bei den etwas flüchtigen Angaben von Küpper, der in Natur und Literatur manches übersehen hat, so z. B. die Angabe von Vinassa de Regny (Boll. Com. geol. d'Ital. *44*, 1915, p. 306), daß die Graptolithenschiefer des Nölblinggrabens wesentlich anders aussehen als die karbonischen Schiefer, die eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Karbon von Ahornach und Socretis zeigen.

Geologisches Alter	Höhe	Heritsch	Geyer	Küpper
Karbon		Schiefer beim Beginn der Steigung.		
Devon		Teilweise etwas dolomitische Kalke von großer Mächtigkeit, mit 40—50° SW-Fallen.	1. Lichtgraue dolomitische Kalke; der tieferen Polinikscholle entsprechend.	Dolomite mit mergeligen Lagen, durch Wechsellagerung in das folgende Glied übergehend.
Karbon	800 *m*	Schiefer als schmale Lage.		
Devon		Graue, dickbankige Kalke mit Krinoiden und Korallen, mit 60—75° SSO-Fallen.		
Devon		Dunkel-blaugraue bis blaugraue Kalke mit 45° S-Fallen.	2. Dunkelgraue, dichte Plattenkalke.	Bituminöse Kalke, dünnplattig, z. T. dolomitisch; schwarze Flaserkalke.
$E\ \gamma$?		Blaue bis blauschwarze, plattige Kalke, stellenweise verkieselt.		
Devon		Helle Kalke.		Lichte Kalke, z. T. Zellendolomit; schwarze Flaserkalke.
Mitteldevon?		Graue, dichte, Kalke.		
Oberdevon	1010 *m*	Rote Flaserkalke und rote dichte Kalke von 20 *m* Mächtigkeit mit Krinoiden und Spuren von Goniatiten; graue Flaserkalke [diese bunten Netzkalke werden von Frech, Geyer und Gortani für Obersilur gehalten].	3. Schiefriger, roter Netzkalk.	Rote Flaserkalke.
Karbon		Kieselschieferbreccie . . 1 *m* Sandstein . . .2 *m* Sandiger Schiefer . . . 15 *m*	4. Gering mächtige Tonschieferlage.	»Mauthener Schiefer«.
Oberdevon		Rote Flaserkalke. .5 *m* Graue, dichte Kalke .5 *m*		
Karbon		Sandstein . . . . . 1 *m*		
Devon		Graue, dichte Kalke in senkrechter Aufrichtung . . 5 *m*	5. Grauer Kalk.	Grauer Kalk, bituminöse Kalkschiefer.
Karbon		Schwarze Tonschiefer von 3 *m* Mächtigkeit, mit zwei je 30 *cm* dicken Bänken von Sandstein.		

Geologisches Alter	Höhe	Heritsch	Geyer	Küpper
Karbon		Blaugraue Sandsteine.		
Devon		Grauer, dichter Kalk. . 5 *m*	5. Grauer Kalk.	Grauer Kalk, bituminöse Kalkschiefer.
Karbon		Schiefer . . . . . . 2 *m*		»Mauthener Schiefer«.
Devon?		Roter Netzkalk . . 5 *m*		»Mauthener Schiefer«, mit Flaserkalk verknetet.
Karbon		Schiefer.	6. Tonschiefer.	»Mauthener Schiefer«.
Devon		Netzkalk, rot, mit einer Lage von grauem Kalk . . . 20 *m*	7. Grauer Netzkalk, der wegen des Überhandnehmens von tonigen Flasern in knollige Schiefer mit Kalklinsen übergeht.	Grauer Flaserkalk.
Karbon		Sandsteinschiefer und Tonschiefer, z. T. senkrecht aufgerichtet.	8. Tonschiefer.	»Mauthener Schiefer«.
Karbon		Kieselschieferbreccie . 20 *m*	9. Schwarze Kieselschiefer und schwarze Kieselschieferbreccie mit Kieselschieferbänken.	
	1050 *m*	Stelle der Fig. 1	10. Grauer Netzkalk.	
Devon		Graue Netzkalke mit roten und grauen Knollen;		
		graue Netzkalke mit roten Knollen.		Hell-graue Kalke;
Karbon		Rote Netzkalke mit roten Knollen.		Rote Flaserkalke.
Devon		In die Kalke sind Karbontonschiefer und Kieselschieferbreccien eingefaltet.		
Karbon		Tonschiefer und Kieselschieferbreccien . . 40 *m*	11. Tonschiefer und Grauwacke.	»Mauthener Schiefer«.

Geologisches Alter	Höhe	Heritsch	Geyer	Küpper
Silur		Kieselschiefer mit Graptolithen (= Nölbling I bei Gortani). Die Graptolithen liegen nur in dünnplattigen, ebenflächigen Kieselschiefern. Bei senkrechter Aufrichtung herrscht Faltung, daher die große Mächtigkeit. Neben den Kieselschiefern gibt es noch dichte Lydite (auch Lydit mit Hyolithes sp.). Nach den Lyditen kommen wieder schwarze Kieselschiefer. Die Gesamtmächtigkeit beträgt 200 *m*.	12. Kieselschiefer mit Graptolithen	Graptolithenschiefer
Karbon	1080 *m*	Schiefer mit Pflanzenspreu 1 *m* Sandstein. 2 *m* Schiefer mit Sandstein.. ..100 *m* Sandstein mit wenigen Schieferlagen ..100 *m* Kieselschieferbreccien .. 1 *m* Sandstein.. 3 *m* Tonschiefer 10 *m* Kieselschieferbreccien.. 5 *m* Tonschiefer 5 *m* Sandstein... 20 *m* Kieselschieferbreccien .. 50 *m*		

Geologisches Alter	Höhe	Heritsch	Geyer	Küpper
Karbon		Tonschiefer 10 *m*		
Devon?		Rote und graue, senkrecht aufgerichtete Netzkalke 25 *m*	12*a*. Netzkalke	Dünngebankte, helle Kalke
Devon		Dichte, graue Kalke. 25 *m*		
Devon?		Netzkalke.. 2 *m*		Flaserkalke
Silur		Graphitische Kieselschiefer, zum Teil pyritisiert 220 *m* (= Nöbling II bei Gortani); mit zahlreichen Monographen; die obersten Bänke mit *Monographus colonus* und *M. dubius.*	13. Kieselschiefer	
Devon?		Netzkalke 10 *m*		
Devon?		Dichte graue Kalke 40 *m*		
Devon?		Netzkalk ..100 *m*		
Silur	1150 *m*	Schiefer mit Kieselschieferbänken (am Kontakt mit dem Kalk total zertrümmert und zerwalzt).	13*a*. Kieselschiefer, Tonschiefer und Konglomerat	»Mauthener Schiefer«
Karbon		Kieselschieferbreccien.. 20 *m*		
Karbon		Sandstein und Schiefer.		
Karbon		Tonschiefer ..100 *m*		
Devon		Netzkalk 4 *m*	14. Netzkalk	
Devon?		Dichte graue Kalke 5 *m*		
Devon?		Dunkle Kalke 7 *m*		
Karbon	1200 *m*	Tonschiefer mit Kieselschieferbreccien.	15. Tonschiefer	
Devon?		Rote Netzkalke.	16. Rote Netzkalke	

An einer Stelle meiner Schichtaufzählung habe ich auf die Zeichnung Fig. 1 verwiesen. Hier sei erwähnt, daß der graue Netzkalk Spuren von Goniatiten enthält und jenem Gestein sehr ähnlich ist, in welchem Gaertner[1] das untere Oberdevon nachgewiesen hat. In der Figur 1 ist die Verquetschung des Netzkalkes mit karbonischen Gesteinen, Schiefern und Kieselschieferbreccien zu beobachten. Im besonderen sei auch auf die Netzkalkstruktur als auf ein lockendes petrotektonisches Problem hingewiesen.

Mit dem Profil des Nölblinggrabens sind die schönen Beobachtungen von Gortani in dem Profil von Nölbling zur Dellacher

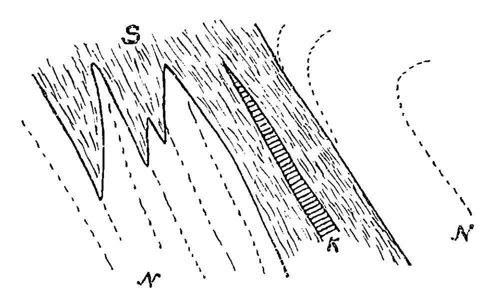


Fig. 1. Verfaltung von Karbon und Devon.
N = Netzkalk. S = Karbonschiefer. K = Kieselschieferbreccie.

Alpe zu vergleichen, wo dieser Forscher (Giornale di Geologia, I, 1926, p. 4) folgende Reihe nachgewiesen hat:

Devon des Feldkogelzuges, zum Teil Mitteldevon;

Netzkalk des Obersilurs, d. s. die von mir als Devon bezeichneten Kalke,

Karbon,

Obersilur in 500 *m* Mächtigkeit:

graue, gelbe und rote Netzkalke,
eine schmale Zone von Graptolithenschiefer,
vorwiegend rote und violette Netzkalke,
Graptolithenschiefer, darin Graptolithen des Wenlock,
gelbliche Schiefer des Untersilurs,
mächtige graue, gelbe, braune und rote Netzkalke.

An die Erörterung des Profiles des Nölblinggrabens seien zwei Schnitte angeschlossen, welche auf beiben Seiten des Straninger Baches vom wasserscheidenden Hauptkamm gegen N verlaufen. Beide Profile stammen von Herrn Bergingenieur Herbert Holler, der über die Verhältnisse der Straninger Alpe selbst berichten wird.

---

[1] Mitteil. Naturwiss. Verein f. Steiermark, 63. 1927.

Am Feldkogel (Fig. 2) erscheint der Devonkalk wieder, der den untersten Nölblinggraben verquert und der die Fortsetzung der unteren Polinikschuppe ist. Er wird, wie Geyer (V, 1895, p. 73) festgestellt hat, im S von bunten Netzkalken begrenzt. Bei der unteren Buchacher Alpe fallen unter den Devonkalk schwarze Tonschiefer ein. Im Kamm vom Feldkogel gegen S verquert man (siehe Fig. 2) folgende Schichten (über diese Schichtfolge hat Frech, Karnische Alpen, p. 67, 68, kurze und unvollständige Angaben gemacht)[1]:

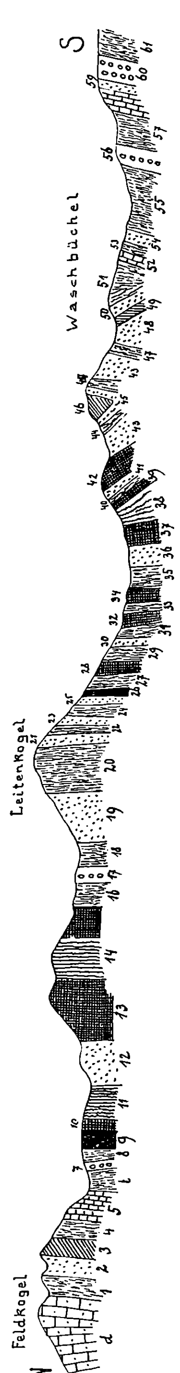


Fig. Profil Feldkogel—Leitenkogel, aufgenommen von Ingenieur H. Holler. *d* = Devonkalk des Feldkogels. Die übrige Legende siehe im Text.

K. 1. Schwarze Tonschiefer von der Art der »Mauthener Schiefer«,

K. 2. feinkörniger, sehr harter, dichter, grauschwarzer, etwas glimmeriger Sandstein,

K. 3. sehr harte, kleinkörnige Kieselschieferbreccie auf der südlichen Kuppe des Feldkogels,

K. 4. bräunliche, mächtige Schiefer,

S. D. 5. roter Flaserkalk mit Orthocerensilur oder -devon, wahrscheinlich Devon, an manchen Stellen in rote Tonflaserkalke übergehend, so daß ein Netzkalk entsteht; daneben aber auch rosarot gefärbte Kalke,

K. 6. glimmerreiche schwarze Tonschiefer mit braun gefärbten Schichtflächen,

K. 7. eine schmale Bank von Quarzkonglomerat,

K. 8. schwarze Tonschiefer wie 1,

S. 9. brecciöser, dichter, schwarzer, stellenweise braun verwitterter Lydit, in das nächste Glied übergehend,

S. 10. graphitischer Kieselschiefer,

S. 11. kieselige Tonschiefer und schwarze Tonschiefer, die braun verwittern,

K. 12. eine mächtige Zone von kieseligem Sandstein von schwarzer Farbe, glimmerreich; diese Sandsteine wechseln mit Schiefern derart ab, daß schließlich die Schiefer überhand nehmen und dann allein herrschen,

---

[1] Die vor der Nummer stehenden Buchstaben bedeuten: S — Silur; D — Devon; K — Karbon.

S. 13. den P. 1841 setzen Kieselschiefer zusammen,
S. 14. Tonschiefer,
S. 15. Kieselschiefer,
K. 16. mächtige Tonschiefer,
K. 17. Konglomeratbank,
K. 18. Tonschiefer,
K. 19. im Aufstieg zum Leitenkogel dickbankige, sehr dichte und feste, graue und braune, glimmerige Sandsteine,
K. 20. dunkle Tonschiefer am Leitenkogel,
K. 21. Sandsteine,
K. 22. Tonschiefer,
K. 23. Sandstein,
K. 24. Tonschiefer,
K. 25. schwarze plattige Tonschiefer vom Typus der »Mauthener Schiefer«,
S. 26. Lydit,
K. 27. schwarze Tonschiefer von der Art der »Mauthener Schiefer«,
S. 28. Kieselschiefer,
K. 29. schwarze Tonschiefer von der Art der »Mauthener Schiefer«,
K. 30. Sandstein,
K. 31. Tonschiefer,
S. 32. Kieselschiefer,
K. 33. Tonschiefer,
S. 34. Kieselschiefer,
K. 35. Tonschiefer,
K. 36. Sandstein,
S. 37. Kieselschiefer,
S. 38. schwarze, feste Schiefer, gefaltet und gequetscht,
S. 39. Kieselschiefer,
K. 40. graue sandige Tonschiefer,
K. 41. braune Sandsteine,
S. 42. Kieselschiefer,
K. 43, Sandstein,
K. 44. Tonschiefer,
K. 45. schwarze sandige Tonschiefer und tonige Sandsteine,
K. 46. Kieselschieferbreccie,
K. 47. sandige Tonschiefer,
K. 48. braune schieferige Sandsteine,
K. 49. Flötz von Anthrazit,
K. 50. glimmeriger brauner Sandstein,
K. 51. Tonschiefer,
K. 52. Fusulinenkalk,
K. 53. glimmeriger sandiger Tonschiefer bis toniger Sandstein mit Pflanzenresten,
K. 54. braune glimmerige Sandsteine.
K. 55. Tonschiefer,

K. 56. typische karbonische Quarzkonglomerate in dichten Bänken,
K. 57. Sphärosideritschiefer mit Pflanzenresten,
K. 58. Fusulinenkalkbänke,
K. 59. Sandsteine,
K. 60. kleinkörniges Quarzkonglomerat bis Sandstein,
K. 61. Tonschiefer.

Das zweite Profil (Fig. 3) betrifft den Kamm östlich vom Straninger Graben, den Bergzug Ringmauer—Schulterkofel—Hochwipfel.

Wie das Profil zeigt, sind die mächtig entwickelten Fusulinenkalke der Schulter von den südlich anstoßenden Kalken der Ringmauer durch eine Störung getrennt. Die Fusulinenkalke liegen auf der normalen Serie der Naßfelder Karbonfazies (Geyer, V, 1895, p. 409, Jb. 1896, p. 146).

Die Fusulinenkalke der Schulter, welche tonige Schieferzwischenlagen haben (Frech, Karnische Alpen, p. 56), fallen gegen O ein. Im tiefen Sattel nördlich des Schulterkofels schneiden die N—S streichenden Fusulinenkalke scharf an den Schiefern usw. ab, die steil gegen S einfallen. Das ist Frech's Hochwipfelbruch (Karnische Alpen, p. 9).

Von dieser Störung zum Hochwipfel haben wir die nachstehend angeführte Schichtfolge:

K. 1. feinplattige Schiefer,
K. 2. bräunliche Sandsteine,
K. 3. Tonschiefer,
K. 4. braune Sandsteine, in schwarze Gesteine von quarzitischem Habitus mit Pflanzenresten übergehend,
S. 5. mächtig entwickelte schwarze Kieselschiefer, in das folgende Glied übergehend,
S. 6. kieselige Tonschiefer mit 2 bis 3 *m* mächtigen Bänken von dünnplattigen, gut spaltbaren, schwarzen Kieselschiefern mit Graptolithen; das sind jene Schiefer, in denen Gortani auf der Ostseite des Hochwipfels eine Graptolithenfauna des Gala-Tarannon gefunden hat (Rendiconti R. Ist. Lomb. Sc. Lett. *57*. 1924). Im Streichen liegen die Graptolithenschiefer bei der Kordinalpe; auf der Gugel erscheinen Graptolithenschiefer des Wenlock (Gortani, Boll. Soc. geol. ital. *43*, 1924, p. 105),
S. 7. mächtige Kieselschiefer,
S. 8. 2 bis 3 *m* mächtige Bank von Graptolithenschiefern in Kieselschiefern,
K. 9. braune Sandsteine mit Pflanzenresten,
S. 10. Kieselschiefer,
K. 11. graue dichte Sandsteine,
S. 12. Kieselschiefer,
K. 13. dunkle Tonschiefer

K. 14. Kieselschieferbreccie,
K. 15. Tonschiefer,
K. 16. Kieselschieferbreccie,
K. 17. Tonschiefer,
K. 18. Kieselschieferbreccie,
K. 19. Tonschiefer,
K. 20. Kieselschieferbreccie,
K. 21. Tonschiefer,
K. 22. Kieselschieferbreccie,
K. 23. Tonschiefer am Gipfel des Hochwipfel.

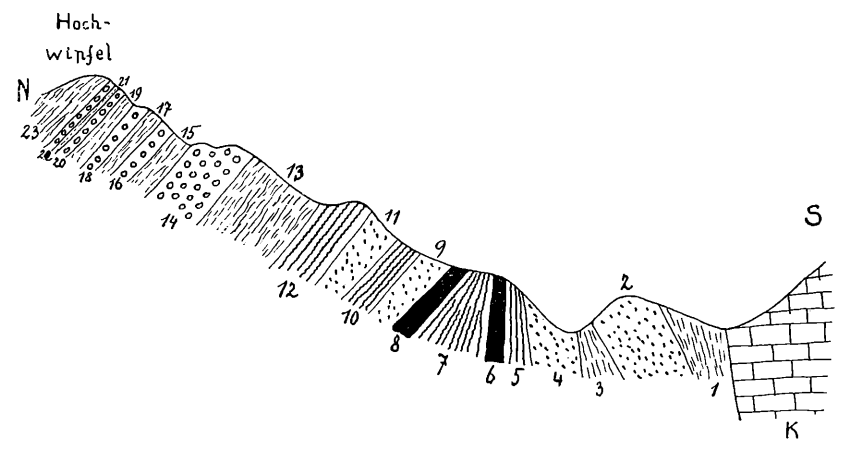


Fig. 3.

Profil vom Hochwipfel zur Scharte vor dem Schulterkofel, aufgenommen von Ingenieur H. Holler. *K* = Schwagerinenkalk. Die übrige Legende siehe im Text.

Auf der Nordseite des Hochwipfels erscheinen in etwa 2000 *m* Höhe gefaltete Netzkalke, die in der Gesamtheit flach gelagert sind. Gortani (Rendiconti R. Ist. Lomb. Sc. Lett. *57*, 1924) hält diese grauen, braunen und roten Gesteine für Silur. Es ist aber in Betracht zu ziehen, ob sie nicht eine Fortsetzung der Netzkalkzüge des Nölblinggrabens sind. In der Hochmulde zwischen Hochwipfel und Windschaufel liegen auch als schmale Schuppe im Karbon weiße Riffkalke devonischen Alters, die Geyer auf seiner Karte verzeichnet hat. Nach Gortani gibt es dort auch Obersilur. Bezüglich der begleitenden Schiefer sagt Gortani mit Recht, daß es sich nur um Karbon, nicht aber um Silur handeln könne.

Frech war der erste, der im Sattel zwischen dem Hochwipfel und dem Schulterkofel die große Störung erkannte. Er beschrieb sie als Hochwipfelbruch und verfolgte das Weiterstreichen in den Karnischen Alpen.

Geyer faßte (V, 1895, p. 86) die Grenze zwischen dem großen Komplex seiner Silurschiefer, der jetzt in Silur und Karbon

aufgelöst wird und dem Karbonkalk der Schulter als Transgressionsgrenze auf und sagt, mit Beziehung auf die Verhältnisse in dem genannten Sattel, daß die Transgression selbst dort klar sei, wo der Rand der Transgression lokal geschuppt sei. Doch denkt er an eine Bruchstörung, wenn er berichtet, daß bei der Klein-Kordinalpe ein Rest von Grödener Sandstein an dem Bruch abschneide (Jb. 1896, p. 145), und wenn er auch den Bruch im Sattel zwischen der Schulter und dem Hochwipfel erwähnt (l. c., p. 146).

Geyer hat die Bedeutung des Hochwipfelbruches etwas herabgesetzt durch die Beobachtung, daß auf der Ostseite des Hochwipfels gegen den Grund des Dobergrabens zu der Bruch sich immer mehr ausgleiche, indem am Kontakt mit den von ihm für Silur gehaltenen Schiefern immer tiefere Bildungen des Oberkarbons erscheinen. Auch Gortani (Rendiconti R. Ist. Lomb. Sc. Lett. *57*, 1924) fand, daß eine Fortsetzung des Hochwipfelbruches gegen NO nicht vorhanden sei oder auf lokale Störungen zurückgeführt werden müsse.

Die Italiener sind mit dem Hochwipfelbruch überhaupt nicht einverstanden. Der Hochwipfelbruch zeigt nach der Auffassung Gortani's den Kontakt des Oberkarbons der Pontebbaner Fazies mit den Schiefern der Nordseite der Karnischen Alpen, die Geyer in der Gesamtheit für Silur hält. Gortani meint, daß in dem Augenblick, da die Schiefer der Nordseite der Karnischen Alpen als Karbon erkannt worden seien, die Störung des Hochwipfelbruches nur als eine Unregelmäßigkeit des Kontaktes zwischen den Kalken und den Schiefern des Karbons anzusehen sei. »Mentre, risultandomi carbonifera anzichè eosilurica la massa degli scisti, il disturbo tettonico in corrispondenza del Hochwipfel sarebbe da interpretarsi comme una irregolarità del contatto fra i calcari e scisti appartenenti al medesimo periodo geologico.«

An anderer Stelle (Atti Soc. Tosc. Sc. nat. *34,* 1921, p. 39) sagt er: »Tra Hochwipfel e Schulterkofel il preteso esempio di faglia verticale con rigetto di molte di centinaia di metri si riduce a non esser più nemmeno una irregolarità del contatto fra Siluriano e Carbonifero tragressivo, ma semplicemente del contatto fra calcari e scisti carboniferi«. Gortani gibt den anomalen Kontakt in der Scharte zwischen Hochwipfel und Schulterkofel zwar zu, will ihn aber zu einer lokalen Erscheinung degradieren.

Ich halte den Hochwipfelbruch für eine steil gestellte Schubfläche und befinde mich in einer Übereinstimmung mit Küpper (N. Jb. M. G. P. BB. *57,* p. 82), der diese Störung in die Gruppe seiner Bewegungen tertiären Alters einreiht. Jedenfalls ist die Störungsfläche des Hochwipfelbruches nichts anderes als die zahlreichen Schuppenflächen, die in den vorher besprochenen Profilen vorhanden sind.

Aus den bisher dargestelllen Profilen kann nur geschlossen werden, daß es sich um reine Schuppenstrukturen handelt.

Für das Profil des Nölblinggrabens ist dieser Schluß keineswegs neu, denn Geyer hat ihn schon vor langer Zeit gezogen (V, 1895, p. 77, 78). Allerdings glaubte Geyer, daß es sich nur um silurische Schiefer handle. Die Art der Gesteine und besonders die geradezu für das Karbon der Hochwipfelfazies leitenden Kieselschieferbreccien zeigen das karbonische Alter eines Teiles der Gesteine — das karbonische Alter haben als erste Gortani und Vinassa de Regny erkannt (Rendiconti Acc. Lincei, ser. V, vol. 28, 1919). Allerdings glauben die beiden Italiener, daß z. B. am Feldkogel das Karbon transgredierend über Silur und Devon liege. Von einer transgressiven Lagerung ist aber bei der Parallelschaltung durch die Schuppenstruktur fast nichts mehr zu sehen.

Oftmals wiederholen sich in der Parallelschaltung Altpaläozoikum und Karbon. Die Schiefer sind durch eine gewisse Ähnlichkeit ausgezeichnet, doch ist Silur- und Karbonschiefer immer trennbar. Dazu tritt noch Devon.

Man kann geradezu sagen, daß die Profile durch die Hochwipfelfazies durch die Schuppenstruktur ausgezeichnet sind. Denjenigen, der sich einige Zeit mit dem Krystallin der Alpen beschäftigt hat, werden diese Profile nicht zum Staunen bringen.

Immer ist das Karbon der Hochwipfelfazies mit den Graptolithenschiefern in enger Verbindung. Daraus und aus dem reichlich in diesem Karbon aufgearbeiteten Kieselschiefern, die uns in den Kieselschieferbreccien des Karbons entgegentreten, muß man schließen, dcß die Hochwipfelfazies geradezu auf der Graptolithenfazies und in deren größter Nähe sedimentiert worden ist.

Gortani (Atti Soc. Tosc. Sc. nat. *34*, 1921, p. 22) führt die Verschiedenheit der beiden Karbonfazies auf den schlammigen Meeresboden bei der einen, auf den sandigen Boden bei der anderen zurück. Er denkt dabei an die heutigen Verhältnisse an der Friulaner Küste und auch auf verschiedene Entfernung vom Ufer. Dazu kommt bei der Naßfelder Fazies noch die deutliche Abbildung der Bewegungen des Bodens und der Verschiebungen der Strandlinie (Gortani, Boll. Soc. geol. ital. *43*, 1924, p. 106). Im übrigen macht Gortani mit Recht darauf aufmerksam, daß auch in der Naßfeldfazies die reichlich Versteinerungen führenden Lagen vorwiegend im oberen Teil der Schichtfolge auftreten. Die Gegenüberstellung der versteinerungsreichen Trogkofelkalke mit den versteinerungsleeren Grödener Sandsteinen halte ich wegen der größtenteils herrschenden Altersdifferenz und der sehr verschiedenen Bildungsbedingungen nicht für glücklich.

Die Aufarbeitung der Graptolithenschiefer ist aber auch ein Hinweis in der Richtung, daß es nicht um tiefes Karbon handelt; denn man muß ja annehmen, daß normalerweise über den Graptolithenschiefern die Kalke des Obersilur und Devons abgetragen wurden, bevor das Karbon sedimentiert werden konnte; dazu ist

Zeit nötig, welche eben dadurch gegeben ist, daß man eine Lücke im Bereich des Unterkarbons annimmt.

Eine Diskordanz zwischen dem Altpaläozoikum und dem Karbon der Hochwipfelfazies ist in den enggepreßten Schuppen nicht mehr zu sehen und auf die Transgression des Karbons der Hochwipfelfazies ist nur aus dem Sedimentbestand — Kieselschieferbreccien! — zu schließen.

Die um die Geologie der Karnischen Alpen hochverdienten italienischen Forscher M. Gortani und P. Vinassa de Regny wollen sich mit der Schuppenstruktur — struttura embriciata — nur mühsam befreunden. Sie versuchen die Tektonik mit Hilfe der sogenannten Ellissoidi zu lösen.

So auch im Nölblinggraben! Die überstürzte piega anticlinale siluricodevoniana der Würmlacher Alpe verbindet Gortani (Boll. Soc. geol. otal. *44*, 1025, p. 217) direkt mit den Silurfalten der Zollner und Waidegger Höhe (woher Geyer, V, 1895, p. 77, ein Detailprofil gegeben hat), welche man als Teilungen von Falten ansehen könne. Unter diesen Falten, sagt Gortani, ist die mächtigste jene, welche über die Dellacher und Gundersheimer Alpe bis über die Oberbuchacher Alpe und bis zur Sternitzelalpe zieht. Eigenartig ist das von Gortani geschilderte weitere Schicksal dieser »Falte«; es liegen nämlich in ihrer Fortsetzung einige Fetzen von Kalk und dann reduziert sie sich auf einen »nucleo« von Graptolithenschiefern mit Caradoc als Kern. Das ist doch keine Falte! Das ist nach unserem Sprachgebrauch eine Schuppe oder ein Gleitbrett. Auch die weitere Schilderung Gortani's legt diesen Schluß nahe. Er sagt, daß im N dieser mächtigen Falte eine kurze Falte sich erhebt, von Karbon bedeckt, zwischen 1300 und 1400 *m* Höhe von den Wegen zur Gundersheimer, Nölblinger und Oberbuchacher Alpe geschnitten. Sie besteht aus Silurkalken (d. s. die Netzkalke des Nölblinggrabens) und hat an verschiedenen Stellen einen Kern von Graptolithenschiefern. Noch weiter im N liegt die große »Silur-Devonfalte« des Feldkogels, die gegen N überstürzt ist und der zum größten Teil der Nordflügel fehlt. Bei der Sternitzelalpe keilt dieser Zug aus (mit Netzkalk und Untersilurschiefer, darüber Karbon).

Die Bedeutung der Schuppenstruktur wird durch das berühmte Profil des Seekopfsockels, das so verschiedene literarische Schicksale hatte, klar gestellt. Ich erwähne nur, daß dieser Schnitt genau so wie das berühmte Profil des Valentintörls früher als eine silurisch-devonische Schichtfolge gegolten hat. Geyer und Spitz haben den tektonischen Charakter des Profiles aufgezeigt. Gortani und Vinassa de Regny haben dann 1914 ein Profil gegeben, das die paläontologische Begründung der meisten Schichtglieder brachte, aber von der Vorstellung beherrscht war, daß das Karbon im oberen Teil des Seekopfsockels in transgressiver Lagerung liege. Die beiden Italiener sagten (V. 1914), auf den Schiefern des Caradoc seien dunkle Tonschiefer, Grauwacken und Breccien transgredierend ausgebreitet, doch sehe es von der Ferne so aus, als ob sie regelmäßig

eingefaltet seien; man sehe aber bei genauer Begehung des Profiles die transgressive Lagerung. — Schwinner hat (Jb. 1925, p. 263) diese Auffassung des Profiles richtig gestellt, womit das Profil wieder als reiner Schuppenbau festgelegt war.

Schwinner stellte fest, daß heute die Schichten des Karbons ungefähr konkordant zu jenen des Silurs liegen, nicht nur im Seekopfsockel, sondern auch am Valentintörl, genau so wie es alle Beobachter von Stache bis Spitz beschrieben haben. »Über ursprüngliche Diskordanz oder Konkordanz ist in dieser schön isoklinal eingeschlichteten Schuppenzone nicht zu entscheiden.« Es liegt eine Gleitbrettertektonik vor.

Der Feststellung Schwinner's, daß das Karbon in die altpaläozoische Serie eingeschlichtet und nicht transgressiv diese übergreifend liege, hat sich, nachdem Gortani (Boll. Soc. geol. ital. *43*, 1914, p. 110) die Einbeziehung des Karbons in das überstürzte Profil des Seekopfsockels bestätigt hatte, Vinassa de Regny (Riv. ital. di paleont. *31*, 1925, p. 45) angeschlossen, indem er sagt, daß das Karbon »uniclinalmente incluso nel complesso degli strati« eingeschlossen sei und Gortani hat dies neuerdings durch Darstellung und Profil bestätigt (Rendiconti R. Acc. Sc. dell Ist. Bologna, 1926).

Eine Aufzählung der Schichtfolge des Seekopfsockels kann ich mir unter Hinweis auf die klaren Auseinandersetzungen von Schwinner und Gortani ersparen. Nur das Ergebnis der Folge sei angeführt: Karbon, Unterdevon, Obersilur, Devon in Goniatitenfazies, Obersilur, Karbon, Caradoc, Obersilur der Megaeraschichten; Unterdevon der Seekopfwand.

Daraus ergibt sich, daß eine ganz klare Schuppenstruktur vorliegt und ich kann Gortani nicht ganz verstehen, wenn er sagt, daß dem Profil Anzeichen von Schuppenstruktur zwar nicht fehlen, daß sie aber nicht das Übergewicht über das Hauptmotiv der Tektonik, über die überschlagenen Falten habe. Ich kann den hochgeschätzten Forscher Gortani um so weniger verstehen, als Vinassa de Regny sich viel rückhaltsloser für die Schuppenstruktur einsetzt, indem er sagt, das Karbon »ha importanza per le deduzioni tettoniche e per la struttura embriciata che lo Schwinner, forse con ragione, ammette in puesto punto«.

Um die Herrschaft der Schuppenstruktur aufzuzeigen, brauchte ich schließlich nur das Profil des Valentintörls anzuführen, das seit der Erkenntnis der Altersstellung der Goniatitenkalke noch viel besser als früher die »struttura embriciata« zeigt.

Die Schuppenstruktur ist der Anzeiger einer intensiven Tektonik alpinen Stiles und ich betrachte, da ich mich durch zehn Jahre mit der Tektonik des alpinen Krystallins beschäftigt habe, diese Art des Baues geradezu als den Normalfall der Tektonik in den Gesteinen mit eng gescharten *s*-Flächen.

Ganz allgemein kann gesagt werden, daß die Schuppenstruktur sehr wohl imstande ist, die große Diskordanz unter dem Karbon zu verhüllen und scheinbar abzuschwächen. Vielfach ist die

Diskordanz zwischen Oberdevon und Karbon sehr klein, wenn auch nicht gezweifelt werden kann, daß sie überall vorhanden ist.

III.

Ich werde in den folgenden Zeilen zeigen, daß der tektonische Bau des Gebirges um das Naßfeld keineswegs so einfach ist, wie es aus einzelnen Literaturangaben erscheinen möchte. Freilich, im Auernig und in der Krone liegen die Schichten sehr ruhig und auch im Trogkofel herrschen bei ruhiger Lagerung scheinbar einfache Verhältnisse. Besonders die vielfach in die Literatur übergegangenen Profildarstellungen von Frech, die Krone und den Auernig betreffend, haben irregeführt und haben die Meinung bestärkt, daß die Lagerung des Karbons um das Naßfeld sehr ruhig sei.

Bevor ich auf die Beschreibung verschiedener tektonischer Verhältnisse eingehe, werde ich kurz einige neu aufgefundene Versteinerungen aufführen.

Im Gipfelkalk des Auernig, in der Schichte 22 bei Geyer = *n* bei Schellwien und Frech wurden gefunden:

Zaphrentis Omaliusi M. E. H. (Verbreitung im Unterkarbon; von De Angelis D O'ssat aus dem Oberkarbon der Karnischen Alpen mit der Fundortsbezeichnung Naßfeld angegeben.)

Zaphrentis sp.

Lithostrotion irregolare Phil. (Verbreitung im Unter- und Oberkarbon z. B. Oberkarbon von Rußland.)

Geinitzella crassa Lonsd. sp. (siehe Heritsch, Karbon der Karnischen Alpen, 1927).

Reticularia lineata Mart.

In den Tonschiefern des Westhanges des Auernig wurde in der Schichte 21 von Geyer gefunden:

Temnocheilus tuberculatus Sow. (siehe Heritsch, Karbon der Karnischen Alpen, 1927).

In den folgenden Zeilen wird das Profil vom Madritschenschober (P. 1921) zur Tresdorfer Höhe (P. 1872) besprochen. Durch den Sattel, über den der markierte Weg zum Rudniker Sattel und zur gleichnamigen Alm führt, wird das Profil in zwei Stücke geteilt (Fig. 4).

In dem Sattel stehen Karbonschiefer mit 10 bis 30 Südfallen an. Die Begehung der Gehänge gegen die Naßfeldhütte zeigte, daß unter dem Schiefer Konglomerate und Sandsteine (KS) anstehen; diese werden von Schiefern überlagert, in welchen von N her eine Fusulinenkalklage (Fu) auskeilt. Im innersten aufgeschlossenen Kern der Schichtfolge hat man Sandstein (Sa), welche an der zum Sattel führenden alten Artilleriestraße einen gegen S überschlagenen Faltenkern bilden.

Im Kamm vom Sattel zum Madritschenschober verquert man folgende Schichten:

Tonschiefer im Sattel und darüber Fusulinenkalk (a_1).

a) Sandige Tonschiefer mit 40 bis 50 Südfallen.

b) Kalkbank von 3 *m* Dicke.

c) Sandige Tonschiefer mit *Productus semireticulatus* Mart.

d) Kalkbank von 3 *m* Mächtigkeit. Das ist jene Bank, welche Frech und Geyer als Conocardienschichte erklärt haben (Karnische Alpen, p. 323, Jb. 1896), doch hebt Geyer hervor, daß es merkwürdig sei, daß darüber noch eine mächtige Reihe von Konglomeraten, Schiefern und so weiter liege.

e Tonschiefer.
f Konglomerat.
g Sandige Schiefer.
h Sandstein.
i Sandige Schiefer.
j Sandstein.
k Kalkbank von 2 *m* Dicke.
l Quarzkonglomerat von 0·5 *m* Dicke.
m Sandstein.
n Quarzkonglomerat, 5 *m*, 15 Südfallen.
o Schwarze Tonschiefer, 10 Südfallen.
p Sandstein.
q Tonschiefer.
r Sandstein.
s Quarzkonglomerat.
t Sandstein.

Die Schichtfolge gleicht den berühmten, durch Frech, Schellwien und Geyer bekannt gewordenen Profilen von Auernig und Krone und dem von Gortani (Boll. Soc. geol. ital. 30, 1911) beschriebenen Profil des Lanzenbodens.

Es liegt sozusagen eine halbe Antiklinale vor, wie das Profil

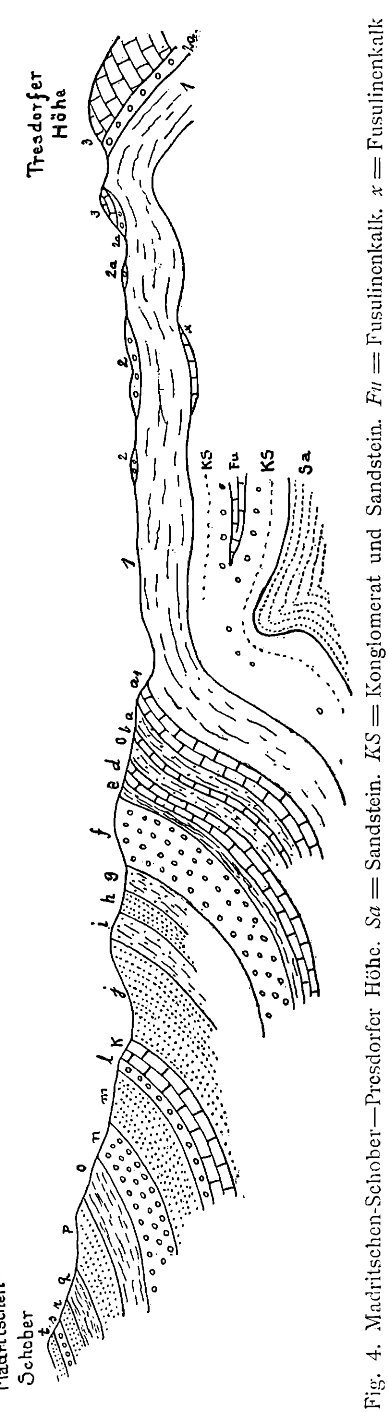


Fig. 4. Madritschen-Schober—Presdorfer Höhe. *Sa* = Sandstein. *KS* = Konglomerat und Sandstein. *Fu* = Fusulinenkalk. *x* = Fusulinenkalk auf der Westseite des Kammes. Sonst siehe die Legende im Text.

Fig. 4 zeigt. Die andere Hälfte der Antiklinale fehlt aber, denn, von dem Sattel gegen die Tresdorfer Höhe gehend, herrscht zuerst auf eine längere Strecke flache Lagerung, wie das Profil Fig. 4 und die folgenden Angaben zeigen:

1. Am Kamm hat man die Tonschiefer (1) des Sattels auf eine Strecke von etwa 50 Schritten anstehend.

2. Dann liegt eine kleine Konglomeratpartie (2) auf dem Tonschiefer; das sind die Konglomerate *f*. Die Schichtfolge ist also nicht gleichartig, denn es fehlen die Fusulinenkalke und die Schichtglieder *a* bis *e*. Nach einer Strecke von 50 Schritten, in welchen der Kamm wieder in den Tonschiefern *l* verläuft, kommt man in eine größere Parte der Konglomerate (2) und in kleinere Schollen

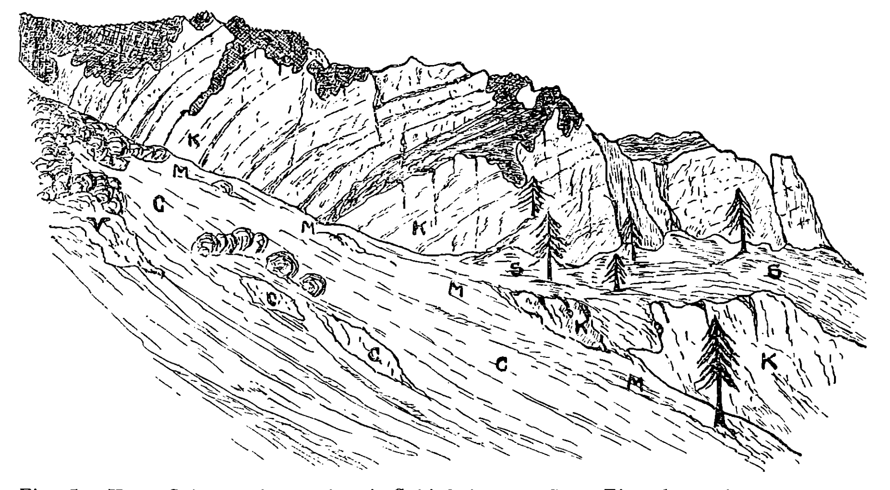


Fig. 5. *K* = Schwagerinenkalk mit Schieferlagen. *S* = Eine besonders mächtige Schieferlage. *M* = Mylonitisiertes Konglomerat. *C* = Konglomerat. *V* = Verfaltung von Schiefer und Sandstein.

(2 *a*) derselben. In dieser Scholle 2 *a* und weiterhin sind die Konglomerate sehr stark zerbrochen und zerquetscht.

3. Mit einer Schubfläche sitzt den Konglomeraten blauer Kalk mit Schwagerinen und *Bellerophon rossicus* auf. Der Schwagerinenkalk (3) sitzt seiner Unterlage mit einer Schubfläche auf, an welcher die ganze Serie des Madritschenprofiles *g* bis *t* unterdrückt ist.

Die Schubfläche ist an der Osteite der Tresdorfer Höhe in ausgezeichneter Weise zu sehen, was die Fig. 5 darstellt; ebenso ist die Schubfläche in Fig. 4 zu sehen.

Zu dem Profil sei bemerkt, daß der kleine Keil von Fusulinenkalk (*x*) auf der Westseite des Kammes räumlich sehr klein ist. Die Ostseite des Kammes zeigt das Durchziehen der Schichtglieder unter dem Konglomerat 2 und ihr Herabbiegen gegen N unter die Tresdorfer Höhe. Darüber liegt unter dem Schwagerinenkalk das Konglomerat 2 mit Nordfallen.

An der Schubfläche, mit welcher der Kalk dem Konglomerat aufsitzt, sieht man das Konglomerat in mylonitischem Zustande. Die Kalke stoßen samt ihren Tonschieferlagen diskordant an die Schubfläche; sie sind an dieser zu Breccien geworden. Die Sandsteine, welche in Fig. 5 unter dem Konglomerat zu sehen sind, sind stark mit Schiefern verfaltet und verquetscht.

Das Profil zeigt, daß zwischen dem leicht in *s* durchzubewegenden Bestande des Karbons mit seinen Schiefern, Sandsteinen, Konglomeraten und den Fusulinenkalkbänken einerseits und der starren Masse der Schwagerinenkalk (+ Trogkofelkalk) anderseits eine tektonische Ablösungsfläche durchgeht. Das kann kein Deckenkontakt sein, sondern nur eine Bewegungsfläche an der Grenze von zwei mechanisch sehr verschiedenen Gesteinsserien.

Die Schwagerinenkalke der Tresdorfer Höhe fallen beiläufig mit dem Hang gegen W, stehen im Gehänge unter der Rudniker Alm an, keilen aber gegen S rasch aus, was ich für eine tektonische Erscheinung halte.

Über den unter der Rudniker Alm aufgeschlossenen Schwagerinenkalken liegt bei der Alpe selbst und in deren Umgebung Karbonschiefer mit 40 Südwestfallen. Diese Schiefer tragen die dunklen Schwagerinenkalke und den hellen Permokarbonkalk der Troghöhe (Geyer, V, 1895, p. 396, Jb. 1896, p. 151, 152), sind aber in ihrer Mächtigkeit sehr stark reduziert gegenüber den Profilen der Umgebung des Naßfeldes.

Ich fasse die Karbonschiefer bei der Rudniker Alm + der Kalkmasse der Troghöhe als eine Schubmasse auf, welche tektonisch im Hangenden der Schwagerinenkalke der Tresdorfer Höhe liegt.

Da nun der Schwagerinenkalk im Gehänge unter der Rudniker Alm gegen S auskeilt, so vereinigen sich die beiden tektonisch verschiedenen Massen von Karbonschiefern, Sandsteinen und Konglomeraten zu einer Einheit, so daß man vom Madritschenschober scheinbar ohne Unterbrechung in das Karbon des Rudniker Sattels kommt, das wenigstens in seinen dem Trogkofel benachbarten Teilen gleich ist dem Karbon bei der Rudniker Alpe. Am Rudniker Sattel fällt das Karbon regelmäßig unter den Trogkofel ein (Geyer, Jb. 1896, p. 149).

Gegen N lassen sich die Schwagerinenkalke unter der Rudniker Alpe (= Tresdorfer Höhe) weiter verfolgen. Der Fahrweg nach Tröppelach quert etwa 2 *km* nach der Rudniker Alpe einen Zug von schwer gequälten schwarzen Kalken, der in der Richtung gegen die Rattendorfer Alpe zieht. Das Liegende dieses Zuges ist zuerst die Serie des Karbons der Naßfelder Fazies und erst unter diesem liegt die mächtige, wohl auch in sich geschuppte Serie der Hochwipfelfazies.

Ähnliche Verhältnisse wie an der Tresdorfer Höhe hat man auch in der Ringmauer und im Schulterkofel. Küpper (N. Jb. M. G. P. BB, 1927, p. 65) hat bereits bemerkt, daß unter den

verhältnismäßig ruhig gelagerten Kalken dieser Berge das Oberkarbon der Auernigschichten in Falten gelegt ist. Dasselbe gibt Schwinner (Jb. 1927, p. 90) vom Trogkofel an; auch Küpper hat diese Sache am Trogkofel gesehen.

Weitere Andeutungen von Schubbewegungen hat man auch im Trogkofel, wie bereits Küpper festgestellt hat. Die eigentliche Hauptmasse des Trogkofels ist ein kurzes Stück über den Trogkofelkalk des Zweikofels geschoben und ähnliche Verhältnisse gibt es auch im Gebiete der Troghöhe.

Wenn jemand glaubt, daß er mit den Ergebnissen der Karbonstratigraphie durchaus in Konflikt kommen muß, so kann er die dunklen Schwagerinenkalke der Princeps-Stufe + Trogkofelkalk + permisch-triasische Auflagerung als Decke zusammenfassen.

Die Erkenntnis einer gewissen Schubtektonik in dem bisher als recht einfach angesehenen Gebiete der weiteren Umgebung des Naßfeldes erfährt eine Bestätigung durch das Profil von Oselitzen über die Naßfeldstraße zur Naßfeldhütte des D.-Ö. A. V Nach Durchschreitung der devonischen Bänderkalke von Oselitzen, welche überstürzt gegen NO einfallen, hat man die Serie der Hochwippelfazies des Karbons. Bei den Bodenseen liegen darüber glimmerige Sandsteine und sandige Schiefer, darüber auch Quarzkonglomerate in einem Band. Dann kommt man nochmals in eine Karbonserie der Hochwipfelfazies, in der auf 1180 bis 1200 *m* Höhe dieselbe Fauna — nur alles noch viel kleiner als bei dem von mir im vorigen Jahre beschriebenen Fundpunkt der Coraschichten und dazu noch wesentlich schlechter erhalten — zu finden ist. Darüber liegt das normale Naßfelder Karbon als Unterlage der schwarzen Schwagerinenkalke und der hellen Trogkofelkalke der Reppwand (dazu Geyer, Jb. 1896, p. 175, V., 1895, p. 398). Die Mächtigkeit dieses Karbons ist nicht bedeutend — sie scheint mir geringer zu sein als in den Profilen um das Naßfeld.

Die Lagerung ist kaum anders zu erklären als durch einen Überschiebungsbau. Daß tatsächlich ein solcher vorliegt, zeigt die kleine, von Geyer gefundene Scholle des Trogkofelkalkes im Nordgehänge des Gartnerkofels westlich vom Schwarzwipfel.

Bemerkenswert ist die große Störung an der Südseite des Gartnerkofels. An das normale Naßfelder Karbon tritt die Reihe Trogkofelkalk-Grödener Schichten-Bellerophonkalk-Trias heran.

Geyer hat diese Störung in ausgezeichneter Weise beschrieben (V., 1895, p. 400, Jb. 1896, p. 173, 174, dazu Frech, Karnische Alpen, p. 46). Ich möchte sie aber nicht als einen Bruch auffassen. Es scheint mir näher zu liegen, in der Störung dieselbe Erscheinung zu sehen wie an der Tresdorfer Höhe. Wenigstens meine ich, daß für eine Bruchtektonik die Anhaltspunkte fehlen.

Wenn man die Gesamtheit der geschilderten Verhältnisse überblickt, so zeigt sich, daß das obere Stockwerk der Naßfelder Fazies im Gebiete des Naßfeldes von der Unterlage losgelöst ist und einem eigenen Bewegungsmechanismus

folgt. Ich möchte es zur Diskussion stellen, ob es sich da nicht um ein Abschieben der starren Kalkplatte durch die von S her anrückende Masse der Trias von Pontafel und des mit dieser verbundenen Devons von Malurch-Roßkofel handelt, unter welche Masse im Bombaschgraben das Karbon der Naßfelder Fazies untersinkt.

Auch am Rudniker Sattel ist zwischen dem Karbon und dem Devon eine Störung vorhanden (Frechs Roßkofelbruch, dazu Geyer, Jb. 1896, p. 149). Dazu kommt noch, daß unter der Trias im Vogel- und Weißenbachgraben Karbon, im Malborghetter Graben Karbon und Unterperm erscheint, die nach der Kartendarstellung Gortanis mit einer Schubgrenze gegen die hangende Trias absetzen.

Die lebhafte Schubbewegung in der Masse des Devons wird durch die Schuppenstruktur gezeigt, von welcher Geyer in seiner schönen Karte und im Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt eine treffliche Darstellung gegeben hat.

Zu der von Schwinner angenommenen Diskontinuität an der Basis des Trogkofelkalkes habe ich mich an anderer Stelle bezogen (Z. D. G. G. 1927).

IV.

Die Behauptung des Auftretens von Kulm in den Karnischen Alpen geht auf Stur (Jb. 1856), jene des Vorkommens von Unterkarbon mit *Productus giganteus* auf Tietze (V 1872) zurück. Stache hat (Jb. 1874) bei der Ofenalpe das Vorkommen von Unterkarbon mit *Productus giganteus* nachzuweisen versucht, was durch Schellwien (Pal., 39. Bd., Sitzungsber. preußisch. Akad. d. Wiss., 1898) und E. Suess (Antlitz der Erde II) widerlegt worden ist. Geyer (Jb. 1896, p. 215) stellte fest, daß die Fauna von Nötsch in den Karnischen Alpen bisher noch nicht nachgewiesen wurde, läßt aber die Frage offen, ob nicht doch die Möglichkeit einer Vertretung von Unterkarbon vorhanden sei. Schwinner (Jb. 1927) möchte in der Serie der Raudenspitze und der Steinwand Unterkarbon sehen, wogegen ich mich gewendet habe (Sitzungsber. Wien. Akad. 1927) — die Italiener stellen diese Serie jetzt zu ihren Phylliten.

Die Schiefer südlich des Hauptkammes der Karnischen Alpen hielt Stur für Kulm, welche Altersdeutung Frech weiter vertreten hat (Karnische Alpen, 1894). Taramelli (1881) hielt die Schiefer für Silur. Geyer schloß sich dieser Deutung an, nachdem er sie ursprünglich für Kulm gehalten hatte. Die Deutung der Schiefer als Silur bedingte die Erklärung der karbonischen Pflanzenreste als »Pseudokalamiten«. Die Änderung in der stratigraphischen Deutung der Schiefer durch Geyer trat hauptsächlich wegen der Graptolithenfunde bei San Cristo di Timau und an der Forcella Morarêt ein. An der letztgenannten Stelle fand Geyer Kieselschieferbreccien und daneben in einem schwarzen, pyritführenden

Kieselschiefer Graptolithen. Diese Versteinerungen liegen mir derzeit in einem größeren Silurmaterial der Geologischen Bundesanstalt vor und ich bestimmte:

Diplograptus sp.
Monograptus sp.
Rastrites approximatus Per.

Es handelt sich also um mittleres Llandovery. Ebenfalls an der Forcella Morarêt wurden karbonische Pflanzenreste gefunden, die jedenfalls der Serie mit den Kieselschieferbreccien angehören (Geyer, V., 1897, p. 244). Vinassa de Regny fand 1905 in schwarzen Schiefern bei der Marinellihütte an der Forcella Morarêt oberkarbonische Pflanzenreste, ebenso auch an anderen Stellen des Südabfalles des Hauptkammes, so daß das oberkarbonische Alter des größten Teiles der Schiefer festgelegt war.

Dagegen machte (V., 1906) Krause den Fund von Kulmpflanzen bekannt, was Vinassa de Regny zur Feststellung führte, daß diese Pflanzen in denselben Schichten gefunden seien, wie seine Oberkarbonpflanzen.

Die weitere Entwicklung der Kulmfrage durch Schwinner wurde bereits erwähnt. Vor kurzer Zeit hat Küpper (Anzeiger der Wiener Akad. d. Wissensch., 1926, N. Jb. M. G. P. BB. 57, 1927, p. 52, 55, 58) die »Mauthener Schiefer« in einen unterkarbonischen Anteil mit *Asterocalamites scrobiculatus* (den Krause angegeben hat) und einen davon durch eine Gebirgsbildungsphase getrennten oberkarbonischen Anteil mit *Neurodontopteris auriculata* getrennt. Dabei stellt er den grobklastischen Anteil mit den Kieselschieferbreccien in den Kulm, dessen Anwesenheit er durch Krauses Fund als erwiesen erachtet. Den Nachweis allerdings, wo diese beiden durch eine Diskordanz getrennten Abteilungen übereinander liegen, ist Küpper schuldig geblieben. Es steht überhaupt um die Annahme des Kulm schlecht, denn ich kann es doch nicht als einen Beweis für seine Existenz ansehen, wenn Küpper ohne jeden Beweis die Kieselschieferbreccien in diese Stufe einreiht. Die ganzen Behauptungen der Vertretung von Kulm sind auf den Fund von Krause eingestellt, dessen Bedeutung durch die Auseinandersetzungen der Italiener stark herabgemindert sind.

Ich kann auch in anderer Hinsicht Gortani nur recht geben, wenn er (Atti Soc. Tosc. Sc. nat. *34*, 1921, p. 21) sagt: Wenn man eine Vertretung von Unterkarbon annehmen würde, dann hätte man zwei Transgressionen. Wo sind diese zwei Transgressionen nachgewiesen? Die Schichten mit Asterocalamites können nicht Unterkarbon sein, weil sie auf verschiedenen Stufen des Devons liegen. Daher kann auch nicht, wie es Frech wollte, eine regelmäßige Übereinanderlagerung vom Silur bis in das Mittelkarbon vorhanden sein.

In der zusammenfassenden Darstellung der Verhältnisse des Karbons der Karnischen Alpen (C. R. Internat. Geolog. Kongr. Stockholm, p. 1011) stellten Gortani und Vinassa de Regny fest, daß es in den Karbonschichten keine Versteinerungen gebe, welche älter als das Uralien sind.

In neuerer Zeit aber erfolgte durch Gortani ein leichtes Abrücken von diesem Standpunkte (Rendiconti Acc. Lincei, ser. V, vol. *30*, 1921, p. 103). Nach seiner Darstellung folgte auf die unterkarbonische Faltung eine lange Zeit der Abtragung und Erosion, die bis 1000 *m* tief griff. Dann folgte die Transgression des Oberkarbons. »Nella maggior parte della regione la trasgressione è neocarbonifera; in certi punti può essere stata mesocarbonifera; in altri fu addiritura eopermica.« In der zugehörigen Tabelle (siehe p. 27) stellt Gortani die Sache derart dar, daß die Hauptmasse der Karbonablagerungen dem Oberkarbon angehört, daß aber die Schiefer und Sandsteine mit Calamites, an der Basis mit *Asterocalamites scrobiculatus,* ferner die Kieselschieferbreccien und die anderen Breccien unter das Oberkarbon herabgehen.

In seiner Zusammenfassung über die Fortschritte der Kenntnisse über die Karnischen Alpen (Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. *34*, 1921, p. 47) sagt Gortani: »Probabilmente verso la fine dello stesso carbonifero inferiore si inizió la trasgressione, che, con ripetute oscillazioni, duró fino all' inizio del Permiano.«

Es besteht also die Möglichkeit, daß ein kleiner Teil des fraglichen Komplexes, u. zw. die liegendsten Partien — vielleicht auch in der Naßfelder Fazies — älter ist als das Uralien.

Tierische Versteinerungen, welche mit Sicherheit auf ein Alter unter dem Uralien hindeuten würden, sind bisher nicht bekannt geworden. Ich möchte nur kurz noch die pflanzlichen Reste erwähnen. Sowohl die große Flora des Naßfeldgebietes als auch jene des Monte Pizzul wird mit Recht in das hohe Oberkarbon eingereiht; doch könnte in der Schichte 3 der Krone (*Pecopteris oreopteridea*, mittleres und oberes Oberkarbon) vielleicht ein tieferer Horizont als die Ottweiler Schichten vertreten sein, deren Äquivalent in der Corafauna der Schichte 6 dieses Profiles liegt. Von der Cima di Val Puartis führt Gortani (Boll. Soc. geol. ital. 1906) *Calamites Cisti* (mittleres Oberkarbon, selten oberes Oberkarbon) und *Sigillaria Brardi* (oberes Oberkarbon) mit Fusulinen und einer Fauna des oberen Oberkarbons an; Vinassa de Regny (Boll. Soc. geol. ital. 1906, p. 226) stellt die Sache derart dar, daß die tierischen und pflanzlichen Versteinerungen nicht zusammen vorkommen. Aus dem *Calamites Cisti* wird man nicht gerade auf das obere Oberkarbon schließen. Dasselbe gilt für den Fundpunkt Chianaletta bei Collina, von dem Gortani (Rend. Accad. Ist. Bologna, 1910) *Calamites Cisti* und *Lepidostrobus cf. Geinitzianus* (mittleres und oberes Oberkarbon) anführt. Auch der Fund von *Sphenophyllum cuneifolium, Calamites Cisti* und *Lepidophyllum trigeminum* aus dem Gebiete des Pic Chiadin lassen eher auf

mittleres als auf oberes Oberkarbon schließen. Dasselbe gilt für die von Küpper vom Tomritschrücken angeführten Pflanzen.

Im allgemeinen kann gesagt werden, daß die großen Floren auf die Ottweiler Schichten verweisen, während die kleinen Fundpunkte an eine Vertretung des mittleren Oberkarbons denken lassen. Eine gewisse Mittelstellung nimmt die Flora ein, welche Vinassa de Regny (Rivista di paleontologia, 1912) vom Piano di Lanza (Lanzenboden) beschrieben hat. Ein Anhaltspunkt für die Vertretung des unteren Oberkarbons liegt nicht direkt vor — vielleicht ist darauf der *Asterocalamites scrobiculatus* Krauses zu beziehen.

In der deutschen Literatur sind die Anschauungen über die Gliederung des Karbons der Naßfelder Fazies einheitlich in der Richtung festgelegt, daß die stratigraphisch tiefsten Ablagerungen Schiefer sind, daß dann darüber der Wechsel der Schiefer, Sandsteine und Konglomerate folgt und daß in den oberen Teil dieses Wechsels sich Fusulinenkalkbänke einschalten; den oberen Abschluß des Oberkarbons bilden die dunklen Kalke der Stufe mit *Schwagerina princeps.* Darüber liegt dann der lichte permokarbonische Trogkofelkalk. Diese Schichtfolge ist in den klassischen Ausführungen von Schellwien, Frech und Geyer niedergelegt.

Der Richtigkeit dieser stratigraphischen Gliederung tut es keinen Eintrag, daß auf den früheren Seiten dieser Abhandlung eine tektonische Ablösungsfläche an der Basis der Schwagerinenkalke nachgewiesen worden ist.

Vinassa de Regny und Gortani dagegen fassen seit längerer Zeit die Entwicklungen im Karnischen Oberkarbon als Fazies auf. Sie haben am Geologen Kongreß in Stockholm (C. R. d. Kongr. 1910, p. 1009) nebeneinander gestellt:

1. Kalkfazies.

a) Schwarze Kalke mit Korallen.

b) Fusulinenkalke + Fusulinen- und Schwagerinenkalke und an der oberen Grenze dieser Entwicklung die Uggowitzer Breccie.

2. Schiefrig-sandige Fazies, nämlich Kieselschieferbreccien, Konglomerate, Schiefer und Sandsteine mit pflanzlichen und tierischen Versteinerungen.

Eruptiva-Diabas, Porphyrite, Porphyre.

Später gaben sie in der folgenden Tabelle Ausdruck (Rendiconti Acc. Linc. ser. V, vol. *30*, 1921, p. 103).

Diese tabellarische Übersicht könnte bei Fachgenossen, welche die Karnischen Alpen nicht aus eigener Anschauung kennen, Mißdeutungen erfahren. Sie kann nicht so gemeint sein, daß in einem Profil nur die Kalkfazies, in einem anderen nur die Quarzkonglomerate oder die Schiefer mit Brachiopoden usw. das ganze Karbon vertreten. Gemeint kann die Tabelle nur so sein, daß in den Profilen alle diese Gesteine miteinander gemischt auftreten.

	Kalkfazies	Schiefer-Sand-Fazies	Metamorphe Fazies	Eruption
Unterperm	Breccien des Trogkofels Helle und rote Kalke mit Schwagerinen u. Fusulinen	Grödener Sandstein und schieferige Gesteine mit wenigen Pflanzen Konglomerate oder Breccien des Grödener Niveaus	Porphyrite und Tuffe, in den Grödener Sandstein übergehend	
Oberkarbon	Schwarze Fusulinenkalke | Graue und dunkle Fusulinenkalke | Helle dolomitische Kalke Schwarze Fusulinenkalke Schwarze Kalke mit Korallen Schwarze, schieferige Kalke mit Fusulinen	Schiefer und Sandsteine mit Orthothetes etc. | Schiefer und Sandsteine mit Pflanzen | Schiefer und Sandsteine mit Calamites, an der Basis mit *Asterocalamites scrobiculatus* | Breccien und Kieselschieferbreccien | Quarzkonglomerate (bis in das Unterperm reichend)	Porphyrite, Spilite und Tuffe, in Schiefer übergehend Phyllite und phyllitische Schiefer	Porphyre, Porphyrite, Diabase, Spilite und Tuffe

Es wird dabei in der Tabelle wohl der Tatsache Rechnung getragen, daß die kalkigen Gesteine nur im oberen Teil der Schichtfolge auftreten — im übrigen könnte man die Kalkfazies noch um die Entwicklung der große Bellerophonten führenden Kalke vermehren, welche ich von der Straninger Alm beschrieben habe.

Die Tabelle bedarf aber noch einzelner Einschränkungen. Die Phyllite und phyllitischen Schiefer der Abteilung »metamorphe Gesteine« gehört hinaus. Ferner ist die bis in das Perm hinaufgehende Abteilung Quarzkonglomerate sicher viel zu hoch hinaufgezogen und es ist auch für die Abteilung »Schiefer und Sandsteine mit Orthothetes usw.« die obere Grenze viel zu hoch gesetzt.

Dann ist in der Naßfeldfazies, zu welcher der Tabellenabschnitt Kalkfazies, Schiefer und Sandsteine mit Orthothetes, Schiefer und Sandsteine mit Pflanzen und Quarzkonglomerate gehören, der normale obere Abschluß der Fusulinenkalk.

Zur Hochwipfelfazies gehören in der Tabelle die Abteilungen Schiefer und Sandstein mit Calamites, Breccien und Kieselschieferbreccien und die Eruptiva.

Der große Fortschritt, der durch die Erkenntnis der Italiener vom oberkarbonischen Alter der Schiefer auf der Südseite der Hauptkette erreicht worden ist, wurde von den beiden so oft genannten Forschern auch auf die Nordseite der Hauptkette übertragen. In den Profilen von der Würmlacher bis zur Rattendorfer Alpe ist die Trennung des Silurs vom Karbon gelungen. Die Verbreitung des Karbons in den östlichen Karnischen Alpen wurde von den Italienern nachgewiesen, allerdings meist auf dem petrographischen Wege.

Es kann daher der Satz ausgesprochen werden, daß der größte Teil der von Geyer auf dem Blatt Oberdrauburg—Mauthen als Silur bezeichneten Schiefer dem transgredierenden Karbon der Hochwipfelfazies angehört. Das hat Vinassa de Regny bereits vor langer Zeit ausgesprochen (Boll. Com. geol. d'Italia, *44,* 1915, p. 295).

Es sind aus dem Silur die Grauwacken, Kieselschieferbreccien, Quarzite, die Eruptiva und die mit ihnen verbundenen Gesteine, ein Teil der Tonschiefer verschwunden und in das Karbon gekommen. Das Untersilur ist nach der Auffassung der Italiener beschränkt auf die Kerne der paläokarnischen Falten und hat außerdem noch eine größere Verbreitung im westlichen Teil der Karnischen Kette, wo ein großer Teil der von Geyer in das Silur gestellten, dann von den Italienern zuerst als Karbon betrachteten Gesteinsserien nun wieder in das Silur eingereiht werden.

Eine nicht unbeträchtliche Schwierigkeit entsteht durch die heutige Verteilung der beiden großen Karbonfazies. Derzeit folgen von N nach S aufeinander: Hochwipfelfazies des Nordrandes der Karnischen Kette — Naßfeldfazies in breiter Entwicklung am und nahe dem Hauptkamme des mittleren Teiles des Gebirges — Hochwipfelfazies mit Eruptiven besonders auf der Südseite des Hauptkammes — stellenweise am Südrande des Gebirges wieder die Naßfeldfazies.

Küpper betrachtet die Naßfeldfazies als strandnahe, die Hochwipfelfazies als strandferne Entwicklung des Oberkarbons, betont aber das Bestehen von Übergängen zwischen den beiden. Er denkt sich die Sache derart: das Gailtaler Krystallin als Ufer, die Naßfeldfazies als Randsenke, die Hochwipfelfazies als Schelfsediment. Er sucht das heutige Verhältnis durch einen Deckenschub zu lösen.

Die Beziehungen der beiden Fazies gehen aus der Literatur hervor (Basisteile des Auernigprofiles. — Geyer, Jb. 1896, p. 163;

Bombaschgraben. — Gortani, Boll. Soc. geol. ital. *43,* 1924, p. 106; Valbertât di sotto und di sopra. — Gortani, Atti Soc. Tosc. Sc. nat. *34,* 1921, p. 22; Pizzul, Meledis, Findenigkofel, Passo Pecol di Chiaula, Passo di Avanza, Ahornachalpe. — Gortani, l. c. p. 22). Küpper (l. c. p. 54, 57) erwähnt, daß es Übergänge zwischen den beiden Fazies gibt, wenn er auch — wahrscheinlich meint er die Hauptmasse der beiden Fazies — sagt, daß sie überall getrennt bleiben. Er denkt an eine Deckenüberschiebung, welche die Masse Devon der Kellerwand und ihre Äquivalente + Naßfeldfazies über die Hochwipfelfazies geschoben habe. Dadurch, daß gegen O zu das Devon des Polinigzuges auskeilt, legt sich nach der Meinung von Küpper die Naßfeldfazies direkt über die Hochwipfelfazies.

Zweifellos stimmen mit dieser Auffassung sowohl die früher beschriebenen Verhältnisse am Hochwipfelbruch als auch die Profile von der Rudniker Alpe und vom Naßfeld in das Gailtal überein.

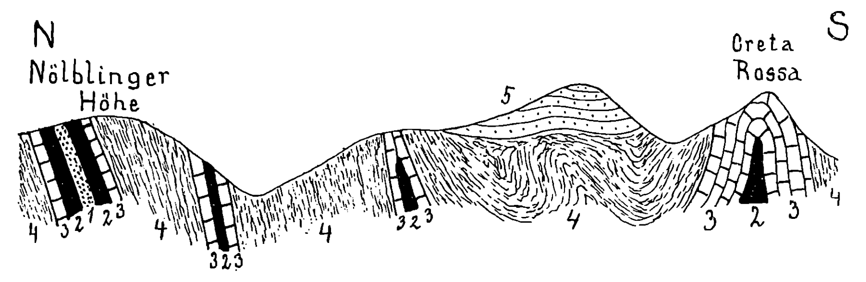


Fig. 6. Profil Nölblinger Höhe—Creta Rossa (nach Gortani 1927). 1 = Untersilur. 2 = Grapholithenschiefer. 3 = Obersilurkalk. 4 = Karbon der Hochwipfelfazies. 5 = Karbon der Naßfeldfazies.

Bei der Straninger Alpe, sagt Küpper (l. c. p. 48), erscheint im Untergrund als eine Aufwölbung das System der Mauthener Schiefer. Ich bestreite die Richtigkeit dieser Beobachtung und verweise auf die früher gegebenen Profile. Im Gebiete der Ahornachalpe sind die Aufschlüsse nach Küpper selbst sehr wenig überzeugend. Bemerkenswert ist das, was Küpper (l. c. p. 53) über das westliche Fortstreichen der Auernigschichten sagt: sie ziehen unter Beibehaltung ihres typischen Gepräges in senkrechter Aufrichtung über die etwa 100 *m* tiefer als der Zollner See liegende Talstufe zur Ochsenhütte nördlich des Collendiaul als eine schmale Einklemmung weiter.

Damit ist mit Küpper's eigenen Worten der Nachweis erbracht, daß die Naßfeldfazies als tektonisches Element überhaupt nicht der Angertalmulde angehört, sondern in das tektonisch Liegende des Zuges von Silur und Devon der Würmlacher Alpe (P. 1059) zu stellen ist. Das zeigt die Unhaltbarkeit des Deckenschemas von Küpper — ohne daß damit gesagt sein soll, daß nicht das Verhältnis der Kellerwand zum Mooskofel ein vorkarbonischer Deckenbau ist.

Es ist mit Obigem auch nur der Beweis erbracht, daß die Verbindung der Naßfelder Fazies mit der Angertalmulde und daher mit dem Devon der Kellerwand-Polinigmasse in der von Küpper vorgeschlagenen Art unmöglich ist. Es ist aber damit kein Beweis gegen die Schubmassennatur der Naßfelder Fazies erbracht.

Um nahe dem westlichen Ende des Naßfelder Karbons das Verhältnis der beiden Karbonfazies zueinander festzulegen, ist es nur nötig, Gortanis Profil Nölblinger Höhe-Creta Rossa anzusehen (Fig. 6); die Naßfelder Fazies liegt flach über der scharf gefalteten Hochwipfelfazies. Da gibt es nur zwei Möglichkeiten: Deckscholle oder stratigraphische Verknüpfung — das Letztere in dem Sinn, daß die Gesteine der Hochwipfelfazies dem Unterkarbon angehören, und, da dieser Ausweg nach den Funden der Italiener unmöglich ist, bleibt nur die tektonische Lösung der Frage übrig.

V.

Die Anschauungen über den Bau der Karnischen Alpen haben mannigfache Änderungen durchgemacht. Bei den alten Aufnahmsarbeiten der geologischen Reichsanstalt (Stache usw.) lag das Hauptgewicht auf der Stratigraphie, doch läßt sich sowohl aus den Profilen Staches wie aus den älteren von Stur der Schuppenbau herauslesen.

Die Tektonik von Taramelli sah das Hauptmotiv in der Faltung und in dieser Richtung sind Gortani und Vinassa de Regny die Fortsetzer seiner Anschauungen.

Frech hat sich um die allerdings wenig genauen Angaben von Taramelli nicht gekümmert und kam zu einer Tektonik, in der die Falten zum größten Teil verschwunden sind und nur Brüche das Hauptmotiv sind. Die Anschauungen von Frech haben durch Vinassa de Regny und Gortani eine im wesentlichen richtige, wohl aber sehr scharfe Kritik erfahren (Boll. Soc. geol. ital., *30*, 1911, p. 648 bis 650), aber die beiden Italiener weisen ganz richtig auf die Beziehungen der Tektonik Frechs zu jener von Mojsisovics in den Südtiroler Dolomiten hin. Die Rechtfertigung Frechs liegt in den Worten, daß eben damals die Brüche in den Südalpen die tektonische Mode gewesen sind, »come oggi sono di moda i carregiamenti«.

Geyer hat bei seinen vorzüglichen geologischen Aufnahmen viele tektonische Auffassungen und Darstellungen von Frech richtig gestellt. Es ist aber nicht leicht, sich von den tektonischen Auffassungen Geyers ein Bild zu machen, da er doch nur wenige Profile gibt und in seiner Karte die tektonischen Deutungen nicht klar hervortreten.

Gortani und Vinassa de Regny haben in zahlreichen Arbeiten und zum Teil auch in Profilen eine tektonische Darstellung des Baues der Karnischen Alpen gegeben. Der eine wesentliche Punkt ihrer tektonischen Auffassungen ist ein Ausbau der

alten Anschauungen von Taramelli: Die Karnischen Alpen sind ein Faltengebirge, Brüche spielen nur eine untergeordnete Rolle und treten nur dort auf, wo Kalke und Schiefer, also sehr verschiedenes Material aneinander grenzen. Einen Überschiebungsbau lehnen die italienischen Forscher ab. Der zweite wesentliche Punkt der Tektonik von Gortani und Vinassa de Regny ist die Hervorhebung der oberkarbonischen Transgression, welche über die gefalteten altpaläozoischen Gesteine erfolgte.

Unter den Falten unterscheiden die Italiener die kurzen »elissoidi« und die langen Antiklinalen, welche beide entweder komplett oder inkomplett sein können und aus der karbonischen Transgression heraustauchen; dazu kommen Synklinalen, Bruchfalten (piega-faglie) und in kleinem Maße Brüche.

Die beiden italienischen Forscher sagen: Mit der fortschreitenden Erkenntnis der weiten Ausdehnung der oberkarbonischen Transgression und der weiter schreitenden Aufnahme im Altpaläozoikum lösten sich die Berge, die man früher für einheitlich gehalten hatte (z. B. Monte Germula) in eine Reihe von Isoklinalfalten auf; früher als Synklinalen betrachtete Berge (z. B. Monte Peralba) wurden als aus dem Karbon heraustauchende Antiklinalen erkannt, viele früher für Schuppenstruktur gehaltene Profile (z. B. Findenigkofel, Uggwatal) wurden als Falten erkannt.

Im ganzen haben die Italiener die Meinung, daß das gefaltete Altpaläozoikum als »nuclei« oder »spuntoni« aus dem transgressiven Oberkarbon heraustauche. Sie halten an dem Faltencharakter der Tektonik fest, denn, sagt Gortani (Boll. Soc. geol. ital., *43*, 1924, p. 109), man könne die Falten, auch wenn sie teilweise zerstört sind, immer wieder ergänzen.

Ohne für diese Auffassung vorläufig eine andere Überlegung in betracht zu ziehen, möchte ich ganz allgemein bemerken, daß die Durchbewegung der Schiefer, besonders in der Hochwipfelfazies des Nordrandes der Karnischen Kette und im westlichen Teil eine so hohe ist, daß man allein vom petrotektonischen Standpunkt aus an eine kräftige Durchbewegung denken muß. Das gibt auch Gortani — ohne sich in eine petrotektonische Betrachtungsweise einzulassen — zu, indem er sagt, die Faltung des Karbons sei eben da sehr stark.

In einem Sammelreferat über die Karnischen Alpen (N. Jb. M. G., P. 1915, I) und auch späterhin (Die Deckentheorie in den Alpen, 1927, p. 174) habe ich bemerkt, daß die Schuppenstruktur bei den Italienern eine viel zu geringe Rolle spiele. In den früheren Zeilen habe ich Profile mit prächtigen Schuppenstrukturen gegeben, aus denen hervorgeht, daß nachoberkarbonische Gebirgsbewegungen sehr stark waren und daß das Oberkarbon in den Schuppenbau eingeschlichtet worden ist.

Gortani (Atti Soc. Tosc. Sc. nat., *34*, 1921, p. 19) hat gegen die Schuppenstruktur Stellung genommen. Sie genüge nicht, um

die Einzelheiten der transgressiven Lagerung des Karbons zu erklären; aus der oberkarbonischen Bedeckung tauchen die Antiklinalen heraus, wobei das Karbon auch auf wenige Meter Abstand über ganz verschiedenen Gesteinen (Caradoc-Oberdevon) liege. Gortani hat — mit Verlaub gesagt — die Basis der Diskussion etwas verschoben; denn die transgressive Lagerung des Karbons wird von niemanden geleugnet, der die Karnischen Alpen kennt. Niemand wird glauben, daß z. B. die Karbonzonen des Valentintörls oder des Seekopfsockels ohne Transgression zu erklären sind. Aber die Beobachtung zeigt, daß eben das Karbon in vielen Profilen den älteren Gesteinen parallel geschlichtet, in die Schuppen einbezogen ist. Daher kann ich mich mit dem folgenden Satz Gortanis nicht oder höchstens nur hinsichtlich des Naßfelder Karbons einverstanden erklären: »Soltanto un carregiamento della massa scistosa potrebbe forse spiegare le condizioni de giacitura, se fatti di ogni genere non intervenissero escludere del tutto fenomeni di questo tipo« (Gortani, l. c., p. 19, 20).

Neuestens — nicht erst durch die neuen Studien am Profil des Seekopfsockels — ist Gortani doch etwas von der scharfen Ablehnung der Schuppenstruktur abgekommen (Boll. Soc. geol. ital., *43*, 1924, p. 109): »Aber auch der Schuppenstruktur muß eine größere Wichtigkeit beigelegt werden, als es bisher geschehen ist.«

Aber schon vor langer Zeit hat sich als Rufer im tektonischen Streit Tilmann bemerkbar gemacht (Geol. Rundschau, II., 1911, p. 114), leider nur mit einer kurzen Notiz, die schwer wiegende Folgerungen ohne hinreichende Begründung bringt: Intensive Faltung mit Überschiebung, Ausquetschung, Bildung von Reibungsbreccien, Regionalmetamorphose, Wechsel der Fazies — alles zusammen seien Anzeichen von Deckenbau. Ich meine, daß man manchen von diesen Anzeichen nicht gerade eine übermäßige Beweiskraft zuerkennen wird. Tilmann aber meint, wenn sich auch heute die einzelnen Decken für das ganze Gebirge nicht auseinanderschälen lassen, so machen doch die erwähnten Erscheinungen die Annahme eines Deckenbaues nötig. Man wird zugeben müssen, daß der Schluß sehr kühn, die Begründung etwas mangelhaft ist.

Einen merkwürdigen Versuch, die Tektonik der Karnischen Alpen zu lösen, machte P. Termier (C. R. Pariser Acad., T. 175, 1922, p. 1176). Da sich in der deutschen Literatur niemand mit diesem Versuch beschäftigt hat, sei auf ihn eingehend eingegangen.

Für Termier bestehen die Karnischen Alpen aus zwei Stockwerken. Das untere tektonische Stockwerk ist ein Faltenland aus Gneis, Phylliten, Silur, Devon und Dinantien (ich sehe ab von der mit der gesamten neueren Literatur im Widerspruch stehenden Nennung des Dinantien). Das höhere Stockwerk besteht aus einem System von Schuppen von Perm und Trias in dinarischer Fazies, an dessen Basis das versteinerungsreiche Uralien (also die Naß-

feldfazies) liegt. Dieses obere Stockwerk ist die von den Südtiroler Dolomiten untrennbare Masse der Dinariden.

Die berühmte Diskordanz des Uralien auf dem Altpaläozoikum faßt Termier nicht als eine Auflagerungsdiskordanz auf, sondern er deutet sie als eine Überschiebungsgrenze. In diesem Sinne also wären Gartnerkofel und Krone dinarische Schubfetzen. Das wahre Liegende des karnischen Karbons kenne man nicht; aus den Geröllen des Karbons schließt Termier auf den Bestand der ehemaligen Unterlage, daß sie nämlich ein Element der herzynischen Kette gewesen sei. Termier sieht in den karnischen Alpen die Überschiebung der Dinariden auf die Alpen.

Gortani hat sofort gegen Termier Stellung genommen (Atti Acc. Sc. Torino, *58*, 1923, p. 246). Er leugnet heftig, daß das Karbon irgend eine Unregelmäßigkeit in der Auflagerung zeige — nicht ganz mit Recht, wie der »Hochwipfelbruch« beweist. Die einzige Anomalität, meint Gortani, sei der kleine Lappen von Perm, der auf der Nordseite des Gartnerkofels zwischen Karbonschiefer und Devon liegt, der nach Gortani wie »un minuscolo disturbo tettonico locale durante le succesive intensive piegature« sei — ich halte allerdings dieses Vorkommen für ein Anzeichen der Schuppenstruktur. Im besonderen führt Gortani — und darin wird ihm jeder Kenner der Karnischen Alpen recht geben — als Beweis für die Wurzelechtheit des Karbons die »classica dimostrzione del Geyer« von der oberkarbonischen Transgression auf dem Roßkofel (Mt. Cavallo) und dem Malurch (Malueric), ferner das Fehlen von Myloniten am fraglichen Kontakt vom Bombaschgraben bis zum Lodin, das Fehlen von mechanischer Metamorphose mit kataklastischen Strukturen an.

Wenn auch der Nordrand des Naßfelder Karbons wenigstens aus dem Gebiete der Straninger Alm bis über die Nordseite des Gartnerkofels hinaus eine Störungsfläche ist, so hängt doch das Karbon mit dem Devonkalk des Roßkofels so eng zusammen, daß eine Entwurzelung ohne Mittransport dieses Devons ausgeschlossen ist. Damit ist Termiers Lösung gefallen.

Ich komme nun zu dem tektonischen Lösungsversuche von Küpper, zu welchem ich einige Bemerkungen machen werde, nachdem ich schon in den früheren Zeilen einige kritische Erörterungen gebracht habe. Der Satz (Küpper, l. c., p. 67), daß die Auernigschichten nur in einem bestimmten, immer von Devon abgesteckten Raum auftreten, ist nicht richtig, wie das Vorkommen des Col Mezzodi zeigt.

Küpper entwickelt die Vorstellung, daß nach dem Karbon eine silurisch-unterpermische Schichtplatte deckenförmig von N her in das Gebiet der Schelfentwicklung des Oberkarbons geschoben worden sei. Dieses zwischen Trogkofelkalk und Grödener Schichten — also saalisch im Sinne von Stille — entstandene Deckengebirge wurde bei der alpinen Gebirgsbildung durch Bewegung gegen N in weitgehendem Maße beansprucht.

Hinweise, welche für seine Anschauung sprechen, findet Küpper in der mechanischen Beanspruchung an der Basis der Devonkalke, z. B. im Profil des Valentintörls, in der Auffassung der Graphitschiefer als Bewegungshorizont (p. 2), in den gegen S überlegten Falten der Profile Gortanis. Einen weiteren Grund sieht er in der Beschaffenheit der nördlichen Zone, über welche die Bewegung hinweggegangen sein soll, nämlich in der Bänderkalkentwicklung des Altpaläozoikums; das ist zweifellos ein sehr ernst zu nehmender Grund, da eben durch die Bänderkalkmetamorphose die tektonische Beanspruchung unter tektonisch darüber bewegten Massen klar wird. Auch das Fehlen der Grödener Sandsteine in der Bänderkalkzone kann als ein positives Moment in den Kalkulationen von Küpper angesehen werden.

Aus der Stellung der sogenannten Uggowitzer Breccie, für welche ich wegen der Vieldeutigkeit dieses Namens und der Unbrauchbarkeit des von Gortani vorgeschlagenen Namens Trogkofelbreccie die Bezeichnung Tarviser Breccie in Vorschlag bringe und des Grödener Sandsteines zum Trogkofelkalk kommt Küpper zu einer zeitlich der saalischen Faltung Stilles gleichzusetzenden Deckenbewegung. Daß er sie mittelpermisch nennt, ist ein Lapsus — im übrigen wird die Behauptung (l. c., p. 73), daß die Grödener Sandsteine des Monte Dimon und des Lanzenbodens über stratigraphisch ungleichartige Glieder des Paläozoikums ausgebreitet lägen, wohl den Widerspruch der italienischen Forscher erregen.

Küpper hängt das Westende des Karbons der Naßfeldfazies faziell und tektonisch mit der Angertalmulde zusammen, die er in den Kulm stellt. Ich habe früher gezeigt, daß das Karbon der Naßfeldfazies tektonisch unter den Polinig gehört; im übrigen kann man die Schieferserie über dem Devon des Pal-Timau-Polinig doch nicht als Ganzes dem Oberkarbon entziehen.

Am klarsten wird der tektonische Versuch von Küpper durch seine Gliederung des Wolaier Abschnittes der Karnischen Kette:

a) Devonkalk mit Silur an der Basis, durch Vermittlung einer tektonischen Mischungszone (Valentintörl) auf die karbonischen Mauthener Schiefer überschoben; im S wird das Devon durch die karbonischen Mauthener Schiefer überschoben.

b) Die Schuppenzone des Valentintörls.

c) Die Synklinen des Rauchkofels, welche im N durch silurischen Bänderkalk unterlagert werden.

d) Die Bänderkalke des Mooskofels mit Einfaltungen von Mauthener Schiefern von oben her.

e) Nordöstlich des Mooskofels bilden die Bänderkalke der Valentinklamm und der Mauthener Alpe eine liegende Falte, die gegen O und W in der Richtung des Streichens rasch in die Tiefe geht.

Küpper kommt so zur Vorstellung der Mooskofeldecke und der über ihr liegenden und von ihr durch die Schuppenzone des Valentintörlprofiles getrennten Kellerwanddecke — auch ich habe (Die Deckentheorie in den Alpen, 1927, p. 174) getrennt: Schuppe der Kellerwandkette, Schuppe des Mooskofels und die dazwischen liegende Serie des Valentintörls.

Die Kellerwanddecke erscheint bei Küpper als der Träger des Karbons der Naßfeldfazies — das über dem Devon liegende Karbon der anderen Fazies in der Angertalmulde muß Küpper nun allerdings in den Kulm stellen, was mit den Funden der Italiener nicht in Einklang zu bringen ist.

Um seine Tektonik überhaupt machen zu können, muß Küpper das Karbon des Wolaier Sees mit dem Karbon auf der Südseite der Kellerwandkette verbinden, indem er es unter dem Kellerwanddevon durchzieht. Er muß das Devon der Kellerwand in dieses Karbon eine Stirnfalte machen lassen, was allen Erfahrungen über den Bau der Kellerwandkette widerspricht. Es müßte also zwischen dem Karbon auf der Südseite der Kellerwand und dem Devon dieses gewaltigen Gebirgszuges eine tektonische Bewegungsfläche liegen. Das ist eine bare Unmöglichkeit, denn es wird niemand zweifeln, daß das Karbon der Forcella Morarèt usw. auf dem Devon transgredierend liegt. Es wäre nur nötig gewesen, die alten Beschreibungen von Frech in seinen »Karnischen Alpen« und die vielen neuen Feststellungen der italienischen Forscher zu berücksichtigen, um diesen Versuch von vornherein als Unmöglichkeit zu erkennen.

Wenn ich vor kurzem geschrieben habe (Z. D. G. G., 1927, p. 227), das stärkste Argument für einen Deckenbau der Karnischen Alpen liege darin, daß nirgends über den Phylliten Untersilur auftrete, so ist das durch die Beobachtungen von Gortani überholt, der die Vertretung von Untersilur über den Phylliten der westlichen Karnischen Alpen wahrscheinlich gemacht hat.

Es dürfte nun klargestellt sein, daß die Tektonik im Sinne von Küpper nicht zu lösen ist. Daher muß der Versuch auf eine andere Weise gemacht werden. Eine Auslösung der Naßfeldfazies aus dem anderen Karbon ist nötig wegen der Geröllmassen; denn diese können nicht sedimentiert worden sein zwischen dem Karbon der Hochwipfelfazies — wie könnte man sonst die Gerölle herleiten!

Es gibt drei Möglichkeiten, um aus diesen Schwierigkeiten herauszukommen:

1. Die Hochwipfelfazies ist zum großen Teil älter als die Naßfeldfazies — eine Annahme, die im Sinne Schwinners liegt. Dafür spricht auch das jetzt von Gortani anerkannte Herabreichen des Karbons unter das Uralien, was gerade für die Hochwipfelfazies in Betracht kommt. Dagegen spricht der fehlende Nachweis einer Vertretung des Unterkarbons.

2. Man könnte die Annahme machen, daß die Naßfeldfazies tatsächlich zwischen den Massen der Hochwipfelfazies sedimentiert worden ist und daß die Geröllscharen der Naßfeldfazies von einer krystallinen Schwelle herrühren — krystalline Schwellen sind ja derzeit in den Nordalpen ein beliebtes tektonisches Auskunftsmittel! Spuren dieser Schwelle sind unbekannt — wie meist auch in den Nordalpen; man könnte an Aufbrüche nach der Art von Recoaro denken.
3. Die dritte Möglichkeit liegt darin, daß das Naßfeldkarbon seine heutige Lage einem tektonischen Vorgang verdankt. Dabei ist der Lösungsversuch von Küpper ebenso abzulehnen wie jener von Termier. Man könnte aber denken, daß mit dem Naßfelder Karbon der Kalkzug Germula-Roßkofel oder vielleicht nur die über dem Germula-Devon liegende Schuppe von Silur-Devon des Lanzenbodens zu einer Schubmasse verbunden war oder daß das Devon der Naßfeldfazies am Nordrand keine devonische Unterlage hatte. Dann müßte allerdings an der Südseite des Germula eine tektonische Ablösungsfläche liegen, die sich zwar in dem Profil von Küpper (l. c., p. 71), nicht aber in den schönen Detailprofilen von Gortani findet. Dann müßte allerdings das Karbon des Monte Dimon-Monte Paularo-Monte Crostis samt dem Devon der Kellerwand-Timau-Masse und die Angertalmulde mit dem Devon des Polinig eine tiefere Schubmasse sein. Man müßte auch fernerhin annehmen, daß das Westende des Naßfelder Karbons in den gegen N drängenden Schuppenbau erst durch die alpidische Gebirgsbildung einbezogen wurde.

Die letzte hier auseinander gesetzte Möglichkeit ist rein hypothetisch. Aber der Weg scheint mir immerhin gangbar zu sein. Ob er zu einem Ziel führen wird, könnte nur eine neue Untersuchung der jetzt schwierig zugänglichen Südseite des Gebirges ergeben.

Das Naturgemäße ist, wenn man schon an einen Deckenbau denkt, die Vereinigung der faziellen Zusammengehörigkeiten. Denn man müßte an die Naßfeldfazies des Streifens vom Naßfeld gegen W, die mit den Trogkofelkalken verbunden ist, den Col Mezzodi anhängen, wozu als Stütze die tektonische Position des Silurdevons von Comeglians-Rigolato über den Karbonschiefern der Gruppe des Monte Crostis anzuführen ist — jene tektonische Lage, welche dieses Altpaläozoikum über die Kellerwandgruppe samt dem damit verbundenen Karbon der Südseite der Carnia stellt.

Aus den ganzen Erörterungen komme ich zu dem Schluß, daß es bis heute eine einwandfreie Lösung der Karnischen Tektonik noch nicht gibt.
